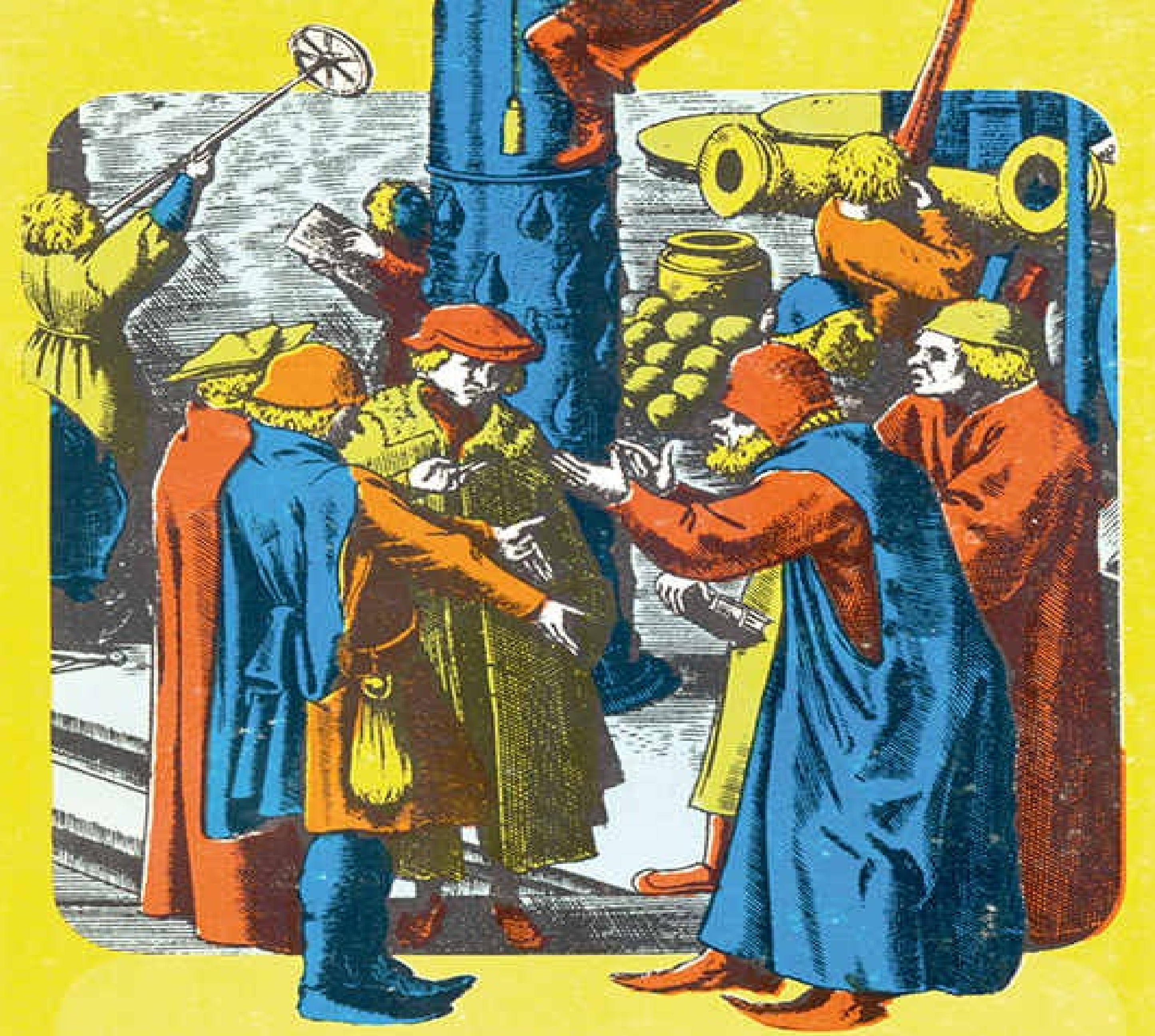


EL HOMBRE Y LA NATURALEZA EN EL RENACIMIENTO

ALLEN G. DEBUS

BREVIARIOS
Fondo de Cultura Económica

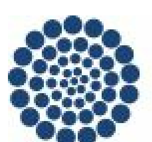
BREVIARIOS
del
FONDO DE CULTURA ECONÓMICA

384
EL HOMBRE Y LA NATURALEZA EN EL RENACIMIENTO

El hombre y la naturaleza en el Renacimiento

por
ALLEN G. DEBUS

Traducción de
SERGIO LUGO RENDÓN




CONACYT
FONDO DE CULTURA ECONÓMICA

Primera edición en inglés, 1978
Primera edición en español, 1985
Primera reimpresión, 1986
Primera edición electrónica, 2016

Este libro se publica con el patrocinio del
Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología

Título original:
Man and Nature in the Renaissance

Carretera Picacho-Ajusco, 227; 14738 Ciudad de México



Comentarios:
editorial@fondodeculturaeconomica.com
Tel. (55) 5227-4672

ISBN 978-607-16-4450-3 (mobi)

Hecho en México - *Made in Mexico*

A MI MADRE Y A MI PADRE

PREFACIO

Ningún periodo de la historia de la ciencia ha sido estudiado más detalladamente que la Revolución Científica y, no obstante, ésta sigue siendo un enigma, incluso por lo que respecta a sus límites cronológicos. Algunos hablan de un periodo de 300 años, que se extiende de 1500 a 1800, mientras que otros consideran únicamente los avances impresionantes del siglo XVII. La relación del Renacimiento con la Revolución Científica es sin duda un factor decisivo para cualquier intento de delimitación semejante, pero en este volumen hablaremos del renacimiento científico que se produjo aproximadamente entre mediados del siglo XV y mediados del XVII. En este lapso podremos observar los efectos diversos y perdurables que tuvo el humanismo en la medicina y en las ciencias, y advertir, asimismo, el prolongado debate en torno de una concepción mística de la naturaleza, sustentada con entusiasmo lo mismo por los alquimistas que por los herméticos.

Una obra que versa sobre la ciencia del Renacimiento podría basarse en muchas fuentes y reflejar seguramente muchos puntos de vista. El tema es tratado por lo regular en función del progreso de las ciencias exactas como las matemáticas y la astronomía. En el pasado, los estudios de este tipo prestaron generalmente poca atención a un contexto más amplio: el ambiente social e intelectual del periodo. Los autores que han hecho hincapié en esto último, con frecuencia han restado importancia a los adelantos técnicos y científicos. En este volumen nuestro enfoque será el tradicional, por cuanto habremos de destacar la verdadera ciencia del periodo, pero a menudo nos referiremos a la religión y a ciertos conceptos filosóficos que casi no intervienen en la ciencia del siglo XX. Por consiguiente, intentaremos examinar con cierta amplitud el efecto que tuvieron la alquimia y la química en el desarrollo de la ciencia y la medicina modernas, pues este tema no ha sido debidamente integrado a las exposiciones que hasta ahora se han hecho de la Revolución Científica. De hecho, las controversias que suscitó la química al iniciarse la era moderna engendraron más textos polémicos que las relacionadas con la astronomía y la física del movimiento. Por tanto, debemos prestar a estos debates la atención que merecen, la misma que damos a aquellos que conducen de un modo más directo a Galileo —y, finalmente, a los *Principia mathematica* de Isaac Newton—.

Ciertamente, en esta obra no pretendimos presentar un estudio exhaustivo del periodo comprendido entre 1450 y 1650. El presente volumen forma parte de una serie destinada al investigador de la civilización occidental, y nuestro propósito ha sido ofrecer una visión general examinando algunos de los problemas y temas fundamentales. Así, nuestra atención habrá de dirigirse preferentemente al efecto que tuvo el humanismo en las ciencias, a la búsqueda de un nuevo método científico, y al diálogo constante entre los defensores de una concepción mística y ocultista del mundo y quienes buscaban un nuevo enfoque para estudiar la naturaleza basado en las matemáticas y en la observación.

El autor está especialmente agradecido con la Biblioteca Newberry y la Fundación Nacional para las Humanidades, que hicieron posible que esta obra fuera terminada en Chicago en un año (1975-1976) como primer paso para un tratamiento más extenso del tema. El acervo de la Biblioteca Newberry es particularmente valioso para el investigador de cualquier aspecto de la historia intelectual del Renacimiento; William Towner, Richard H. Brown y John Tedeschi colaboraron siempre conmigo en mi búsqueda de libros e información y me ayudaron en tantos aspectos que en vano intentaría ser más específico. La Universidad de Chicago me concedió licencia por un año —y, como siempre, conté con el apoyo generoso del Centro Morris Fishbein para el Estudio de la Historia de la Ciencia y la Medicina—. Los compiladores de esta serie, George Basalla, de la Universidad de Delaware, y William Coleman, de la Universidad de Wisconsin, contribuyeron con útiles sugerencias, y el autor reconoce su deuda especial con William R. Shea, de la Universidad McGill, por los valiosos comentarios que hizo al primer borrador del manuscrito. En las etapas finales de la preparación de este libro, John Cornell y Russell H. Hvolbek redactaron el índice y revisaron cuidadosamente el texto.

ALLEN G. DEBUS

Deerfield, Illinois
Mayo de 1978

PREFACIO A LA EDICIÓN EN ESPAÑOL

Gracias a la favorable recepción que ha tenido la edición original en inglés de *El hombre y la naturaleza en el Renacimiento* he hecho relativamente pocos cambios al texto para su traducción al español. Se han corregido algunos errores tipográficos y se han escrito de nuevo ciertos pasajes breves, para darles mayor claridad. La bibliografía se ha puesto al corriente, añadiéndole algunas referencias nuevas. Y, además, sobre todo por causa de las importantes investigaciones que hoy se están haciendo de todos los aspectos de la ciencia y la medicina en el mundo de habla hispana, he añadido un breve apéndice a la bibliografía relacionada con obras recientes en español sobre el Renacimiento y los comienzos de la Época Moderna.

Agradezco al profesor Enrique Beltrán, de la Sociedad Mexicana de Historia de la Ciencia y de la Tecnología, su interés y aliento con respecto a esta obra. Deseo añadir mi agradecimiento a la señora Alicia Hammer, del Fondo de Cultura Económica, que tanto nos ha ayudado resolviendo los múltiples detalles relacionados con la publicación de la obra, y a Sergio Lugo Rendón, por su excelente traducción. Por último, deseo agradecer a mi esposa, Brunilda López Debus, su minuciosa lectura del original y su ayuda en la revisión final.

ALLEN G. DEBUS

Deerfield, Illinois
7 de junio de 1982

Valiosa, y por lo mismo bienvenida a la literatura en español sobre temas de historia y filosofía de la ciencia, es la traducción del libro *Man and Nature in the Renaissance* (1978), escrito por el doctor Allen G. Debus, profesor de Historia de la Ciencia y de la Medicina en la Universidad de Chicago, autoridad indiscutible en el Renacimiento, como ha demostrado en obras anteriores: *The English Paracelsians,* 1965; *The Chemical dream of the Renaissance,* 1968; *Science and education on the Seventeenth Century,* 1970, y *Science, Medicine and Society in the Renaissance,* excelente obra aparecida en 1972, de la que fue editor.

Los ocho capítulos del presente libro son otras tantas visiones panorámicas de los principales temas por considerar en el periodo cubierto, y constituyen excelentes puntos de partida para los estudiosos de cada uno de ellos.

Como acertadamente dice Debus en el párrafo inicial: "Ningún periodo de la historia de la ciencia ha sido estudiado más detalladamente que la Revolución Científica y, no obstante, ésta sigue siendo un enigma, incluso por lo que respecta a sus límites cronológicos". Y nada es más atractivo de leer que lo relacionado con los enigmas.

ENRIQUE BELTRÁN

I. TRADICIÓN Y REFORMA

POCOS acontecimientos en la historia del mundo han tenido más trascendencia que la Revolución Científica. El periodo comprendido entre mediados del siglo XV y fines del XVIII presenció la creciente influencia cultural y política de Europa occidental en todas partes del mundo. La nueva ciencia y la nueva tecnología de Occidente fueron un factor decisivo de esa influencia, hecho que fue reconocido por la mayor parte de los eruditos de la época. Francis Bacon (1561-1626), por ejemplo, observaba en el *Novum organum* (1620):

> Conviene observar la fuerza, la virtud y las consecuencias de los descubrimientos, y en ninguna otra parte podrán observarse éstas con mayor evidencia que en aquellos tres que eran desconocidos para los antiguos [...] a saber: la imprenta, la pólvora y la brújula, Pues estos tres han transformado por completo la apariencia y la condición de las cosas en todo el mundo; el primero en la literatura, el segundo en el arte de la guerra y el tercero en la navegación; de donde se han derivado innumerables cambios, de tal modo que ningún Imperio, secta o astro parece haber ejercido mayor poder e influencia en los asuntos humanos que estos descubrimientos mecánicos.[1]

Para Bacon estos descubrimientos eran de origen occidental y relativamente recientes. No fue el primero ni el último en hacer una declaración semejante, y pocas obras eran leídas con más avidez que las suyas por quienes deseaban fundar una nueva ciencia en el siglo XVII.

Pero aunque todos reconocemos de inmediato la importancia de la Revolución Científica, mientras más estudiamos sus orígenes menos seguros estamos de comprender sus causas. En este volumen nos referiremos principalmente a los dos siglos que median entre 1450 y 1650; la primera de estas fechas coincide aproximadamente con el despertar del nuevo interés humanístico por los textos científicos y médicos de la Antigüedad, y la segunda, con los años que anteceden a la aceptación general de la ciencia mecanicista de Descartes (1596-1650), Galileo (1564-1642), Barelli (1608-1679), Boyle (1627-1691) y Newton (1642-1727).

Estos dos siglos ofrecen un laberinto de intereses casi desconcertante y rara vez encontraremos en ellos un individuo cuya metodología científica pudiese parecer del todo aceptable a un científico moderno. Para algunos de sus sabios, cuya obra contribuyó a nuestra era científica moderna, la magia, la alquimia y la astrología fueron no menos estimulantes que el nuevo interés por la abstracción

matemática, la observación y la experimentación. En nuestros días pensamos que es fácil —y necesario— separar a la "ciencia" de la afición por el ocultismo, pero en esa época muchos no estaban en posibilidad de hacerlo. Y no podemos atribuir esa concepción mística del mundo a unas cuantas figuras secundarias actualmente olvidadas, salvo por los anticuarios. Los escritos de Isaac Newton y Johannes Kepler (1571-1630) revelan un genuino interés en la transmutación de los metales y las armonías universales, tanto como la obra de Paracelso (1493-1541), Robert Fludd (1574-1637) o John Dee (1527-1608). En general, los historiadores de la ciencia han considerado tradicionalmente el tema en forma retrospectiva, es decir, ignorando aquellos aspectos de una filosofía natural anterior que no tiene ya cabida en nuestro mundo científico. Pero, si así procediéramos, no podríamos arribar a una comprensión contextual de este periodo. Por tanto, nos proponemos tratar este periodo en sus propios términos y no en los nuestros. A medida que avancemos descubriremos que las controversias sobre la magia natural y la analogía macrocosmos-microcosmos eran entonces tan importantes como los mejor recordados debates sobre el sistema heliocéntrico o la circulación de la sangre.

LA CIENCIA Y LA EDUCACIÓN EN EL RENACIMIENTO

Los términos *Renacimiento* y *humanismo* han sido utilizados con tantas y tan variadas connotaciones que difícilmente podríamos satisfacer a dos eruditos con una sola definición. Por nuestra parte, no vemos la necesidad de intentarlo. Sin duda, el Renacimiento implicaba una especie de "renacimiento" del conocimiento —a la vez que un renacimiento del arte y la literatura—. Y, efectivamente, en este periodo se desarrolló una nueva ciencia. Pero, una vez admitido lo anterior, debemos ser cautos para no incurrir en simplificaciones. El nuevo amor a la naturaleza que expresaron Petrarca (m. hacia 1374) y otros humanistas del siglo XIV tuvo más de una consecuencia. Aceptamos sin vacilar que contribuyó a la aparición de un nuevo método para estudiar los fenómenos naturales basado en la observación, pero advertimos también que Petrarca y algunos humanistas posteriores desconfiaban profundamente de la importancia que tradicionalmente había dado el escolasticismo a la filosofía y a las ciencias. La preferencia de estos hombres por la retórica y la historia era una reacción consciente contra los estudios "aristotélicos", de carácter más técnico, que por mucho tiempo habían sido la piedra angular de la universidad medieval. Los humanistas perseguían el perfeccionamiento moral del hombre y desdeñaban las disputas lógicas y escolásticas que caracterizaban los estudios superiores tradicionales.

Este cambio de valores daría por resultado un nuevo interés en los problemas educativos. Los programas de reforma educativa de los siglos XIV y XV iban a

estar encaminados no a las universidades, sino a la enseñanza elemental. El educador humanista Vittorino da Feltre (1378-1446) fundó una escuela donde los alumnos practicaban ejercicios militares y se les exhortaba a sobresalir en los deportes. En las aulas estudiaban retórica, música, geografía e historia —y, poniendo de ejemplo a los antiguos, se les enseñaba a anteponer los principios morales y la actividad política a los principios básicos del *trivium* (gramática, retórica y lógica) o al estudio de las asignaturas filosóficas y científicas tradicionales—.

Muchos de los más renombrados sabios humanistas iban a sentirse afectados por este movimiento de reforma educativa. El resultado puede verse claramente en la obra de Erasmo (1466-1536). Éste pensaba que, para conocer la naturaleza, al alumno le bastaba con seguir el curso normal de estudios que comprendía la lectura de los autores literarios de la Antigüedad. A su juicio, las matemáticas no tenían mucha importancia para un hombre educado. Y Juan Luis Vives (1492-1540), indudablemente el más insigne de los educadores del Renacimiento, concordaba plenamente con él cuando, al impugnar el estudio de las matemáticas, argumentaba que éstas tendían a "desviar la mente de los fines prácticos de la vida" y la hacían "menos apta para fundir las realidades concretas y las mundanas".

Pero ¿podemos decir entonces que las universidades seguían siendo los centros de instrucción científica? En general, lo eran todavía, mas cada vez era mayor el número de los investigadores de la medicina y las ciencias que rechazaban el exagerado conservadurismo de muchas —probablemente la mayoría— de las instituciones de enseñanza superior. Peter Ramus (1515-1572) recordaba su formación académica con gran desencanto:

> Después de haber dedicado tres años y seis meses a la filosofía escolástica, de acuerdo con las reglas de nuestra universidad; después de haber leído, discutido y meditado sobre los distintos tratados del *Organon* (pues, de los libros de Aristóteles, aquellos que trataban de la dialéctica eran leídos y releídos especialmente en el curso de tres años); aun después, digo, de haber invertido todo ese tiempo, considerando los años en que me ocupé por entero en el estudio de las artes escolásticas, quise saber, en consecuencia, a qué propósito podía aplicar el conocimiento que con tanto esfuerzo y fatiga había adquirido. Pronto descubrí que toda esa dialéctica no me había vuelto más docto en la historia y el saber de la Antigüedad, ni más diestro en la elocuencia, ni mejor poeta ni más sabio en nada. ¡Ah, qué estupefacción, qué dolor! ¡Cómo deploraba mi malhadado destino, la esterilidad de mi mente que, tras tanto trabajo, no podía recoger ni percibir siquiera los frutos de esa sabiduría que, según se afirmaba, se hallaba con tanta abundancia en la dialéctica de Aristóteles![2]

Ramus no era el único que experimentaba esa desilusión —y sus lamentaciones no carecían de fundamento. París, por ejemplo, fue considerada un baluarte de la medicina galénica durante los siglos XVI y XVII, mientras que en Inglaterra los estatutos isabelinos de Cambridge (1570) y el código laudiano* de Oxford (1636) mantenían oficialmente la autoridad de los antiguos. Y las primeras asociaciones profesionales no eran necesariamente mejores. El Colegio

de Médicos de Londres desconfiaba de toda innovación. Así, en 1559, cuando el doctor John Geynes se atrevió a sugerir la posibilidad de que Galeno (129/130-199/200 d.C.) no fuera infalible, la reacción fue inmediata y drástica. Se obligó al buen doctor a firmar una retractación para ser readmitido en la agrupación de sus colegas.

No obstante, el conservadurismo que se observa en muchas de las principales universidades en los siglos XVI y XVII puede compensarse en parte con una tradición crítica que había sido aplicada a los textos científicos de la Antigüedad en Oxford y en París en el siglo XIV. Esta obra, asociada con el escolasticismo, vendría a ser particularmente beneficiosa para el estudio de la física del movimiento. Como tradición erudita, todavía estaba vigente en la Universidad de Padua y otras universidades del norte de Italia en el siglo XVI. Para muchos, sin embargo, la crítica científica era una especie de curioso juego humanístico, y al erudito debía elogiársele por eliminar las vulgares anotaciones y enmendaduras de origen medieval que adulteraban los textos antiguos. Más que la verdad científica, su meta era la pureza textual.

En suma, la educación que se impartía a principios del Renacimiento tenía dudoso valor para el desarrollo de las ciencias. La educación universitaria de este periodo puede caracterizarse, en su mayor parte, como conservadora. Y en cuanto a la reforma de la educación primaria que se llevó a cabo en los siglos XIV y XV, era declaradamente anticientífica.

EL HUMANISMO Y LA LITERATURA CLÁSICA

La veneración de los antiguos es una característica familiar del humanismo renacentista. La búsqueda de nuevos textos clásicos se intensificó en el siglo XV, cuando cada nuevo descubrimiento era celebrado como una verdadera proeza. El caso más conocido es el de Jacopo Angelo (hacia 1406). Su barco naufragó cuando regresaba de un viaje que había hecho a Constantinopla en busca de manuscritos, pero logró salvar su más preciado descubrimiento: una copia de la *Geografía* de Ptolomeo, obra desconocida hasta entonces en Occidente. Poco después, en 1417, Poggio Bracciolini (1380-1459) descubrió la que sería reconocida más tarde como la única copia de *De rerum natura* de Lucrecio (¿99? -55 a.C.) que había sobrevivido de la Antigüedad. Este libro obraría dos siglos más tarde como un poderoso estímulo del renovado interés por el atomismo. Y, apenas nueve años después de la recuperación del texto de Lucrecio, Guarino da Verona (1370-1460) descubrió un manuscrito del tratado enciclopédico sobre medicina escrito por Celso, autor del siglo II. Esta obra, *De medicina,* ejerció gran influencia, que tal vez no se debió tanto a su contenido médico como a su lenguaje y su estilo. Era la única obra importante que se conservaba del periodo

de mayor esplendor de la prosa latina, y los humanistas médicos iban a escudriñarla en busca de la terminología y la fraseología latinas apropiadas.

Esa búsqueda de nuevos textos —y nuevas traducciones— hizo que se reconociera la importancia del idioma griego. Bien es verdad que en el siglo XIII Roger Bacon (¿1214?-1294) había insistido ya en la necesidad de aprender el griego, pero un siglo después la situación no había mejorado notablemente. Por ese tiempo Petrarca lamentaba su deficiente conocimiento de esa lengua. En realidad, él no era el único que lo lamentaba. Pocos eruditos occidentales dominaban el griego cuando el maestro Manuel Crisoloras (m. en 1415) llegó a Italia con el emperador bizantino Manuel Paleólogo en 1396. Mas, por útil que haya sido Crisoloras, mayor entusiasmo despertó otro bizantino, Gemistio Plethon, cuando arribó a Florencia para asistir al concilio de 1439. La restauración de los estudios griegos iba a afectar todos los campos del saber en el curso del siglo XV. En medicina, Thomas Linacre (¿1460?-1524) tradujo al latín a Proclo (410-485) y varias obras de Galeno. Pero, pese a la importancia de esas traducciones, sus planes —sólo realizados en parte— eran todavía más ambiciosos. Sus proyectos incluían una traducción al latín de las obras completas de Galeno —y, en colaboración con un grupo de eruditos, una traducción al latín de las obras completas de Aristóteles—. No menos industrioso fue Johannes Guinter de Andernach (1505-1574), cuyas traducciones de Galeno lo colocan entre los humanistas médicos más destacados. Como profesor de medicina en París, Guinter fue uno de los maestros más eminentes del joven Andreas Vesalio (1514-1564).

Esa búsqueda de la verdad implícita en la búsqueda de manuscritos fieles, no se limitaba al estudio de los médicos de la Antigüedad. Georg von Peuerbach (1423-1461) reconocía la necesidad de contar con un manuscrito fiel del *Almagesto* de Ptolomeo al escribir su libro de texto, las *Theoricae novae planetarum*. Pero Peuerbach murió cuando proyectaba un viaje a Italia para cumplir su propósito. Su discípulo, Johann Müller —llamado el Regiomontano (1436-1476)—, realizó el viaje que había planeado su maestro y publicó un *Epítome* del *Almagesto*.

Pero el humanismo del Renacimiento no puede reducirse simplemente a la recuperación de los textos originales de Aristóteles, Ptolomeo o Galeno. Igual influencia tuvo en el desarrollo de la ciencia moderna —y ciertamente fue parte del movimiento humanístico— el retorno a los textos neoplatónicos, cabalísticos y herméticos de la Antigüedad tardía. Éstos parecían tener tanta importancia que Cosme de Médici instó a Marsilio Ficino (1433-1499) a que tradujera el *Corpus hermeticum,* recientemente descubierto (hacia 1460), antes que las obras de Platón y Plotino. Estas obras, de carácter místico y religioso —que más adelante examinaremos con más atención—, parecían justificar la práctica de la magia natural, que iba a ser uno de los temas favoritos de los sabios de los siglos XVI y

XVII. Dentro de esta tradición se exhortaba a emprender una nueva investigación de la naturaleza basada en nuevos datos tomados de la observación.

Casualmente, esa búsqueda de los textos fieles y originales de la Antigüedad ocurría cuando existía ya un nuevo medio para difundir ese conocimiento: la imprenta. Es interesante señalar que el primer libro impreso en Europa occidental data de 1447, al iniciarse precisamente el periodo a que nos referimos. Por primera vez era posible producir textos en serie que los eruditos podían obtener a precios módicos. En los campos de la medicina y las demás ciencias esos incunables eran, en su mayor parte, impresiones de los antiguos textos escolásticos de la Edad Media despreciados por los humanistas. Así, la primera versión que se imprimió del *Almagesto* de Ptolomeo fue la antigua traducción medieval (1515). Después apareció una nueva traducción al latín (1528) —y finalmente el texto griego (1538), justo cinco años antes de que se publicara el *De revolutionibus orbium* de Copérnico—. La edición de las obras de Galeno y Aristóteles seguiría el mismo proceso.

EL DESARROLLO DE LAS LENGUAS VERNÁCULAS

El latín y el griego eran sin duda las llaves indispensables para penetrar en el mundo del erudito, pero el Renacimiento se caracterizó también por la tendencia a utilizar cada vez más las lenguas vernáculas en los campos de la cultura. Lo anterior se advierte con mayor evidencia en los panfletos religiosos de la Reforma, cuyos autores sentían la necesidad inmediata de comunicarse con sus lectores. Pero en el curso del siglo XVI las lenguas vernáculas también se utilizaron, cada vez con más frecuencia, en la medicina y las demás ciencias. Ello puede atribuirse en parte al consciente orgullo nacionalista que se observa en ese periodo. En esa época los escritores expresaban francamente su amor al suelo natal y a la lengua materna. Un segundo factor sería la necesidad que muchos sentían de romper definitivamente con el pasado. Este sentimiento parece acentuarse a medida que nos adentramos en la segunda mitad del siglo XVI.

Investigaciones recientes indican que el uso de las lenguas vernáculas en los textos médicos se extendió rápidamente a fines de la Edad Media. Esta tendencia se intensificó en el siglo XVI, cuando una guerra de panfletos médicos dividió a los galenistas de los químicos médicos seguidores de Paracelso. El debate alcanzó niveles universitarios en 1527, cuando Paracelso enseñó medicina en Basilea en su lengua materna, un dialecto germánico que se hablaba en Suiza. Fue objeto de numerosos ataques de parte de la facultad de medicina, no sólo por el contenido de sus cátedras, sino por el idioma que había escogido para dictarlas. Este último punto continuaría siendo motivo de controversia para sus seguidores por varias generaciones. El paracelsiano inglés Thomas Moffett (1553-1584), por ejemplo,

escribía en 1584 (en latín): “es cierto que Paracelso a menudo prefería hablar en alemán que en latín, pero, ¿acaso Hipócrates no hablaba en griego? ¿Y por qué no habrían de expresarse ambos en su lengua materna? ¿Debe ser motivo de reprensión en el caso de Paracelso y pasado por alto en el caso de Hipócrates, Galeno y los demás griegos que hablaban en su propio idioma?”

La situación no era notablemente distinta en el campo de las matemáticas y las ciencias físicas. Las obras de Galileo publicadas en italiano se siguen considerando clásicas de la literatura italiana y, en Inglaterra, muchos autores exponían temas, tanto populares como técnicos, en el inglés de la época de los Tudor. Especialmente interesante es el caso de John Dee, quien se encargó de redactar el prefacio para la traducción al inglés de los *Elementos de geometría* de Euclides. En ese prefacio creyó necesario explicar que esa traducción no entrañaba ningún peligro para las universidades. Más bien, por primera vez muchas personas comunes podrían “inventar y planear nuevos artefactos, extrañas máquinas e instrumentos: para cumplir diversos propósitos en bien de la comunidad, por placer o para el mejor mantenimiento de sus haciendas”. Apologías similares de la publicación de textos científicos y médicos en lenguas vernáculas pueden encontrarse en los principales idiomas modernos de ese periodo.

OBSERVACIÓN Y EXPERIMENTACIÓN

Toda evaluación general de la ciencia del Renacimiento deberá comprender el examen de una serie de paradojas. Un tema recurrente en la literatura del siglo XVI es el rechazo de la Antigüedad. Mas, como ya antes hemos observado, se trata principalmente de un rechazo de las traducciones y los comentarios escolásticos. Algunos eruditos exigían la creación de una filosofía y una medicina radicalmente nuevas, pero muchos se adherían a la filosofía antigua —después de asegurarse de que sus textos eran fieles y no estaban modificados—. Unos, entre ellos William Harvey (1578-1657), encomiaban abiertamente la herencia aristotélica. Otros —y la actitud de Robert Fludd es un buen ejemplo de ello— combatían ferozmente a los antiguos sin dejar por ello de incorporar muchos conceptos antiguos a su propia obra.

Características de este periodo son también una creciente confianza en la observación y una tendencia gradual hacia lo que entendemos actualmente por experimentación, es decir, una verificación rigurosamente planeada —y repetible — de la teoría. Los sabios del Renacimiento reconocían y elogiaban a los clásicos de la ciencia y al método basados en la observación, y veían en ellos un ejemplo a seguir. Por lo mismo, muchos de los que rechazaban la física de Aristóteles consideraban su obra sobre los animales como un texto de importancia capital. Y debido a que había recurrido a la evidencia fundada en la observación,

Arquímedes (287-212 a.C.) gozaba de gran autoridad, mientras que, de los autores medievales, se citaba a Roger Bacon, Pedro el Peregrino (de Maricourt, hacia 1270) y Witelo (Teodorico de Friburgo; siglo XIII) por sus estudios "experimentales".

Con todo, si bien Roger Bacon y otros hablaban de servirse de la observación como de un nuevo fundamento para comprender el universo, prevalecía la costumbre de dar crédito a los relatos fabulosos de Plinio el Viejo (23-79 d.C.) y otros enciclopedistas antiguos. Hasta la brillante crítica de la antigua física del movimiento que se había realizado en Oxford y en París en el siglo XVI se había basado más en razonamientos deductivos y en las reglas de la lógica que en los resultados de nuevas observaciones.

Los científicos del siglo XVI no arribaron inmediatamente a una concepción moderna de la experimentación, pero en su obra es indudable que recurrían a la evidencia fundada en la observación con más regularidad de lo que se había acostumbrado hasta entonces. Así, Bernardino Telesio (1509-1588) fundó en Cosenza su propia academia, destinada al estudio de la filosofía natural. Rechazando a Aristóteles, cuya obra no parecía concordar ni con la Biblia ni con la experiencia, Telesio recurrió en cambio a los sentidos como una llave para estudiar la naturaleza. Igualmente interesante es la figura de John Dee, quien incluyó entre las ciencias matemáticas a la *Archemastrie,* la cual "enseñaba a hacer presente en la experiencia actual y sensible todas las conclusiones importantes propuestas por las artes matemáticas... Y, porque procede mediante las *experiencias* y busca las causas de las conclusiones, y a estas mismas en la experiencia, es llamada por algunos *scientia experimentalis*. La *ciencia experimental".* En este caso la palabra *experimental* debe entenderse más bien como "observacional". El concepto moderno de experimento controlado no formaba parte de la metodología de Dee.

LAS MATEMÁTICAS Y LOS FENÓMENOS NATURALES

Ciertamente, tan importantes como esa nueva apreciación de la evidencia basada en la observación fueron el desarrollo del método cuantitativo y la creciente confianza en las matemáticas consideradas como un instrumento. Ya Platón había subrayado la importancia de las matemáticas, y el renovado interés por su obra influyó en las ciencias en este terreno. En ese periodo Galileo aparece como la figura sobresaliente de ese desarrollo. Considerando a la matemática como la guía esencial para la interpretación de la naturaleza, Galileo buscó un nuevo método para describir el movimiento mediante el uso de la abstracción matemática. Al hacerlo, estaba plenamente consciente de que se apartaba de la búsqueda tradicional y aristotélica de las causas.

Junto con ese novedoso uso que se hacía de las matemáticas en la filosofía natural se produjeron nuevos e impresionantes avances en el campo de las matemáticas mismas. Las obras sobre álgebra de Tartaglia (1500-1557), Cardano (1501-1576) y Viete (1540-1603) contribuyeron en gran medida al desarrollo de esa materia en el siglo XVI —y los tediosos cálculos aritméticos se simplificaron grandemente con la invención de los logaritmos de Napier (1550-1617)—. Y, poco después del periodo a que nos referimos, se inventó el cálculo infinitesimal, fruto de los esfuerzos independientes de Leibniz (1646-1716) y Newton. Todas estas innovaciones fueron adoptadas rápidamente por los científicos de la época como instrumentos de su labor.

Si preguntáramos por las causas que condujeron a esa aplicación de las matemáticas en el siglo XVI, podríamos arribar a muchas y diversas respuestas. Una de ellas sería el hecho de que ahora se contaba con la obra de Arquímedes, el autor griego cuyo método más se aproximaba al de la nueva ciencia. En realidad sus textos no se habían perdido nunca del todo, pero es evidente que la nueva influencia que ejerció Arquímedes a mediados del siglo XVI se debió a una serie de reediciones de su obra. Otro factor importante sería el persistente interés por el estudio del movimiento, iniciado en el siglo XIV por los eruditos de Oxford y París. Todo parece indicar que Galileo, en sus días de estudiante, se benefició de esa tradición. Un tercer factor fue seguramente el resurgimiento de las doctrinas platónicas, neoplatónicas y pitagóricas. Su influencia revestía a menudo aspectos místicos, pero, en cualesquiera de sus formas, obró sin duda como un poderoso estímulo en muchos científicos de la época. Y, por último, podríamos señalar la necesidad que había de una matemática práctica asociada con las artes mecánicas y la tecnología.

LA TECNOLOGÍA

Conviene hacer una pausa para examinar ese nuevo interés por la tecnología. Aunque se discute cuál era el grado de la relación, es evidente que al menos quienes se interesaban en el arte de la guerra requerían estudios matemáticos para manejar el cañón; asimismo, que los navegantes debían realizar cálculos para determinar su posición en mar abierto. En este periodo presenciamos avances impresionantes en el campo de los instrumentos, desde los astrolabios prácticos del marinero hasta los colosales instrumentos astronómicos construidos por Tycho Brahe. El telescopio, el microscopio, los primeros termómetros eficaces y un sinnúmero de otros instrumentos fueron inventados y perfeccionados lo mismo por artesanos que por científicos. En efecto, por primera vez los científicos se interesaban activamente en la obra de los artesanos. Ello puede interpretarse en parte como una rebelión contra la autoridad de los

antiguos, pues, en su mayor parte, los estudios de la naturaleza de la Antigüedad y la Edad Media estaban divorciados totalmente de los procedimientos empleados por los trabajadores manuales. En efecto, el estudiante escolástico de la universidad medieval se apegaba en todo a los antiguos y rara vez abandonaba sus bibliotecas y sus aulas de estudio. En el Renacimiento, sin embargo, presenciamos un gran cambio. Existen probablemente descripciones aisladas de las artes mecánicas en los libros del siglo XV, pero a partir de 1510 comienzan las prensas a producir manuales de minería y poco después aparecen obras similares relacionadas con otros campos.

En contraste con lo que ocurría en épocas anteriores, ahora los científicos y los médicos reconocían sin reservas que el hombre de ciencia debía aprender del lego. Paracelso aconsejaba a sus lectores:

> no todo lo que el médico necesita saber se enseña en las academias. De vez en cuando debe consultar a las ancianas, a esos tártaros llamados gitanos, a los magos itinerantes, a los campesinos ancianos y a muchos otros a los que habitualmente se desprecia. De ellos adquirirá su conocimiento, pues esta gente sabe más de tales cosas que todos los colegios superiores.

Y Galileo comienza cándidamente sus memorables *Diálogos y demostraciones concernientes a dos ciencias nuevas* (1638) con la siguiente declaración:

> La constante actividad que desplegáis vosotros los venecianos, en vuestros famosos arsenales, señala al entendimiento estudioso vasto campo de indagaciones, en particular aquella porción de las obras que exigen mecánica; porque en dicha sección de continuo fabrican toda suerte de aparatos y máquinas numerosos artesanos, entre los cuales debe de haber quienes, en parte por la experiencia heredada y en parte merced a sus propias observaciones, han adquirido gran pericia e inteligencia en la explicación de las cosas.** [3]

Nuestra lista podría alargarse considerablemente si tomásemos en cuenta los grandes tratados de minería de Agricola (1494-1555) y Biringuccio (hacia 1540), las opiniones de Francis Bacon sobre la finalidad práctica de la ciencia y los fines prácticos que perseguían expresamente las primeras asociaciones científicas. Es indudable que ciertos campos de la ciencia progresaron porque la contribución de los artesanos y los científicos fomentó el estudio de los procedimientos prácticos. Johann Rudolf Glauber (1604-1670) se entusiasmó tanto con los avances que había presenciado que pronosticó la supremacía de Alemania sobre toda Europa occidental, a condición de que sus gobernantes siguieran el plan que él había esbozado en su *Prosperidad de Alemania*. Y, no obstante, aun cuando admitamos este tardío reconocimiento de la tecnología de parte de los científicos, lo cierto es que la pequeña comunidad científica no correspondió con ninguna aportación notable a la tecnología hasta bien entrado el siglo XVIII.

MISTICISMO Y CIENCIA

Un cuarto elemento en la formación de la nueva ciencia —y el más insólito desde nuestra ventajosa posición posterior a Newton— es el renovado interés renacentista por una concepción mística de la naturaleza. Ello puede atribuirse en gran parte al interés, que renace con una intensidad inusitada, por los textos platónicos, neoplatónicos y herméticos. Es instructivo señalar que esa influencia se manifiesta primero en las matemáticas y luego en un interés generalizado por la magia natural.

Desde nuestro punto de vista, las matemáticas del Renacimiento tuvieron el efecto de una espada de dos filos. Por un lado, ese nuevo interés en las matemáticas fomentó el desarrollo de un enfoque matemático de la naturaleza y el desarrollo interno de la geometría y el álgebra; por otro, ese mismo interés dio origen a investigaciones ocultistas de toda especie relacionadas con un misticismo de los números. Los estudios cabalísticos del Renacimiento alentaron un análisis numerológico y místico de las Sagradas Escrituras por el que se esperaba descubrir verdades trascendentales. Análogamente, los cuadrados mágicos y las proporciones armónicas parecían ofrecer la posibilidad de penetrar los misterios de la naturaleza y la divinidad. En la Antigüedad esta tendencia había encarnado ya en la tradición pitagórica anterior a Platón. Las especulaciones numerológicas que éste había expuesto en el *Timeo* habían seguido influyendo en el mundo de los eruditos a lo largo de la Edad Media, y ahora, con el retorno a los textos de la Antigüedad tardía que se había iniciado en el siglo XV, esos mismos temas cobraron nuevamente actualidad.

Es conveniente, sin embargo, que no intentemos separar lo *místico* de lo *científico* cuando ambos estén presentes en la obra de un autor. Hacerlo sería deformar el ambiente intelectual de ese periodo. Por supuesto, no es difícil destacar las leyes matemáticas que rigen los movimientos planetarios formuladas por Kepler o la descripción matemática del movimiento expuesta por Galileo: fueron hitos fundamentales en el desarrollo de la ciencia moderna. Pero no debemos olvidar que Kepler intentó encuadrar las órbitas planetarias en un esquema basado en los cuerpos sólidos regulares y que Galileo nunca dejó de sostener el movimiento circular de los planetas. Ambos autores arribaron a conclusiones que estaban influidas profundamente por su creencia en la perfección de los cielos. En nuestros días llamaríamos *científicos* a los primeros ejemplos, mas no a los segundos. Pero imponer nuestra distinción al siglo XVII sería incurrir en un anacronismo.

El caso de Robert Fludd ofrece un ejemplo excelente de un enfoque hermético-químico de las matemáticas. Pocos habrían insistido más que él en que las matemáticas eran esenciales para cualquier estudio del universo. Pero Fludd habría agregado que el verdadero matemático debía apuntar más alto. Su mira debía ser mostrar las armonías divinas de la naturaleza mediante la

correlación de círculos, triángulos, cuadrados y otras figuras geométricas. Éstas indicarían claramente las conexiones que unían al "mundo mayor" con el hombre. Fludd intentó encontrar un nuevo acceso a la naturaleza y, al igual que Kepler y Galileo, quiso utilizar a las matemáticas como una llave, pero la cuantificación era para él algo enteramente distinto de lo que era para los otros dos. Fludd creía que el matemático debía emplear este instrumento para escrutar el plan general del universo. No debía interesarse —como Galileo— por fenómenos tan triviales como el movimiento de un cuerpo al caer.

El caso de las matemáticas muestra especial importancia debido a la significación que tuvo el método cuantitativo en la aparición de la ciencia moderna, pero la influencia ocultista y mística de la filosofía del helenismo tardío tuvo un efecto aun más profundo en el pensamiento del siglo XVI. Implícita en el neoplatonismo y las tradiciones cristianas estaba la creencia en la unidad de la naturaleza, una unidad que abarcaba a Dios y a los ángeles en un extremo y al hombre y al mundo terrenal en el otro. Asociada a ésta, subsistía la creencia en la relación macrocosmos-microcosmos, la creencia en que el hombre había sido creado a imagen del mundo mayor y que existían verdaderas correspondencias entre el hombre y el macrocosmos.

La aceptación general de que gozaban la analogía macrocosmos-microcosmos y la gran cadena del ser justificaba la creencia en las correspondencias que existían en todos los aspectos entre el mundo celeste y el sublunar. En el mundo antiguo tales creencias parecían servir de sólida base a la astrología. Parecía razonable suponer que los astros influían en la humanidad aquí en la Tierra. En el Renacimiento muchos compartían esa opinión: en verdad, las influencias astrales afectaban por igual a la Tierra y al hombre. Los textos herméticos agregaban un nuevo elemento a esa visión del mundo. Basándose principalmente en ellos, se consideraba ahora al hombre como un eslabón privilegiado de la gran cadena del ser. Dado que participaba de la gracia divina, el hombre era algo más que un receptor pasivo de las influencias astrales. Y, dado que existía una simpatía universal entre todas las partes que integraban el universo, el hombre podía influir en el mundo sobrenatural y ser influido por éste. Este concepto tuvo una aplicación inmediata en la medicina con la doctrina de las "signaturas". De acuerdo con ésta, se afirmaba que el verdadero médico estaba facultado para descubrir en el reino vegetal y el mineral aquellas sustancias que correspondían con los cuerpos celestes y, en último grado, con el Creador.

Todo lo anterior está estrechamente relacionado con los fundamentos de la magia natural del Renacimiento. El verdadero médico del tipo de Paracelso o de Ficino era a la vez un mago que concebía la naturaleza como una fuerza vital o mágica. Este observador de la naturaleza podía aprender a adquirir poderes naturales desconocidos para los demás y asombrar de ese modo al populacho, aun cuando se supiera que esos poderes eran dones divinos y estaban al alcance

de todos los hombres. Ciertamente, para muchos éste parecía ser uno de los aspectos más atractivos de la magia. Así, en las postrimerías de su vida, John Dee recordaba sus días de estudiante en Cambridge, donde había inventado un escarabajo mecánico que volaba para una representación de *La paz* de Aristófanes que había tenido lugar en el Trinity College, "donde causó gran admiración, y se difundieron muchos infundios en todas partes respecto a los medios por los cuales se había efectuado". El escarabajo de Dee caía dentro de la tradición de las maravillas mecánicas del helenismo, pero él también estaba plenamente consciente de que la verdadera magia significaba el estudio, basado en la observación, de las fuerzas inexplicables y ocultas de la naturaleza. En efecto, Giambattista della Porta (1540- 1615) había explicado en su *Magia natural* que la magia era esencialmente la búsqueda de la sabiduría y que su único objeto era "la investigación de todo el curso de la naturaleza". Ya antes Cornelio Agripa (¿1486?-1535) la había llamado el más perfecto de los conocimientos, y Paracelso, por su parte, la identificaba con la naturaleza misma y hablaba de ella como de una búsqueda religiosa que podía conducir a quien la emprendía a un mayor conocimiento de su Creador.

Para tales hombres, la magia natural estaba muy alejada de la nigromancia y sus aberraciones. Antes bien, la magia estaba íntimamente ligada con la religión en la medida en que buscaba las verdades divinas en la naturaleza creada. No obstante, el científico que aceptaba el título de *mago* se exponía al peligro. John Dee puede servirnos una vez más de ejemplo. Encarcelado en su juventud debido a su interés activo en la astrología, su vasta biblioteca fue destruida más tarde por una multitud enfurecida. Apelando a la simpatía de sus lectores, preguntaba si realmente lo creían tan tonto como para "renunciar a la luz de la sabiduría celestial y encerrarse en el calabozo del príncipe de las tinieblas". Pese a las acusaciones que se le habían hecho, él se consideraba "inocente, en obra e intención, de haber transgredido la ley de Dios o la de los hombres en alguno de mis estudios de ejercicios filosóficos o matemáticos".

En realidad, la magia natural del siglo XVI significaba un nuevo intento de unificar la naturaleza y la religión. Para los herméticos y los magos naturales, las obras de Aristóteles estaban plagadas de ideas heréticas, y habrían de recordar una y otra vez que los concilios de la Iglesia habían condenado muchos de estos errores aristotélicos. En tal caso, ¿por qué Aristóteles y Galeno seguían siendo la base de la enseñanza universitaria cuando existía otra interpretación de la naturaleza que se apoyaba en la magia natural y en la filosofía ocultista —disciplinas cuya misma existencia dependía de las Sagradas Escrituras—? ¿Cómo era posible que un cristiano prefiriera al ateo Aristóteles a esta nueva y piadosa doctrina? A decir verdad, argumentaban, el conocimiento podía ser adquirido únicamente merced a la gracia divina; ya sea por medio de una experiencia como la iluminación divina de San Agustín, ya sea por medio de un experimento en el cual el adepto alcanzara su propósito con ayuda de la revelación divina. El

contenido religioso del hermetismo de principios del siglo XVII es patente en la obra de Thomas Tymme (m. en 1620), quien escribía (1612):

> el Creador todopoderoso de los cielos y de la Tierra [...] ha puesto ante nuestros ojos los dos libros principales: uno, el de la naturaleza, el otro, el de su palabra escrita [...] A la sabiduría del libro de la naturaleza la llaman comúnmente los hombres filosofía natural, la cual sirve para guiarnos a la contemplación de ese grande e incomprensible Dios a fin de que podamos glorificarlo en la grandeza de su obra. Porque los movimientos regulados de las esferas [...] la conexión, la armonía, la fuerza, la virtud y la belleza de los elementos [...] son tantas y tan diversas naturalezas y criaturas en el mundo, son tantos intérpretes para enseñarnos que Dios es su causa eficiente y que Él se manifiesta en ellas y por ellas como su causa final, a la cual ellas también tienden.

Escribió lo anterior para explicar por qué había redactado un libro en el cual trataba de la naturaleza, la generación de los elementos y otros temas de carácter esencialmente científico. Para un autor como Tymme, la ciencia y la observación de la naturaleza eran una forma de servicio divino, un verdadero vínculo con la divinidad. En cierto sentido, la investigación de la naturaleza era una búsqueda de Dios.

Por tanto, el investigador de la ciencia del Renacimiento no debe concretarse a examinar la obra de Copérnico y sus consecuencias, o las investigaciones anatómicas que condujeron al descubrimiento de la circulación de la sangre. En cuanto al método científico, el historiador deberá considerar el renovado interés en las matemáticas y los métodos cuantitativos, procurando siempre no divorciarlo de temas tan ajenos a la ciencia moderna como la doctrina de las signaturas o la magia natural. Sin duda, la ciencia de nuestros días debe mucho a esa búsqueda de una nueva síntesis del hombre, la naturaleza y la religión que hace cuatro siglos caracterizó la obra de muchos científicos y médicos.

La medicina y las demás ciencias del Renacimiento estuvieron profundamente influidas por tres figuras del siglo XVI y tres de la Antigüedad. Las tres primeras fueron Nicolás Copérnico (1473- 1543), Andreas Vesalio y Felipe Aureolo Teofrasto Bombast van Hohenheim, llamado Paracelso; las tres últimas fueron Arquímedes, Galeno y Ptolomeo. Todos ellos imprimieron su huella en el mundo de la cultura aproximadamente por la misma época. En efecto, *De revolutionibus orbium* (de Copérnico), *De humani corporis fabrica* (de Vesalio) y la primera traducción importante al latín de las obras de Arquímedes aparecieron en 1543.

La obra de Paracelso comenzó a influir en el *mundo* de la cultura poco después de su muerte, ocurrida en 1541, cuando sus manuscritos dispersos fueron recopilados y publicados extensamente por primera vez. A su obra habremos de referirnos enseguida, pues, en mayor medida que los otros, Paracelso puede ser considerado como un heraldo de la Revolución Científica. Y, no obstante, aunque su exigencia de un nuevo método para estudiar la naturaleza iba acompañada de invectivas contra los seguidores de los antiguos, el

mismo Paracelso, hombre típico del Renacimiento, no vacilaba en plagiar copiosamente los textos y los autores que rechazaba en sus libros.

II. LA LLAVE QUÍMICA

A FINES del Renacimiento es muy notable un nuevo interés por la química. Antes de 1550, en ese periodo se habían publicado relativamente pocos libros de química, mas en el curso del siglo siguiente se imprimiría un verdadero diluvio de textos químicos y médico-químicos. Quienes escribían esos libros o imprimían textos más antiguos insistían en la importancia de su labor. No sólo hablaban del gran número de aquellos que habían abandonado las enseñanzas de los antiguos para abrazar su filosofía química, sino que a menudo citaban las autoridades químicas a las cuales podían recurrir sus lectores en busca de la verdad en la filosofía y en la medicina. Todos ellos confiaban en que pronto serían derrotadas las doctrinas de los antiguos y triunfaría su "nueva filosofía" de la naturaleza. Por otra parte, científicos tan prominentes como Johannes Kepler y los primeros mecanicistas como Marin Mersenne y Pierre Gassendi escribirían extensamente en contra de la filosofía mística de la naturaleza elaborada por los químicos. Mas, ¿por qué era la química el centro de tales debates? La respuesta inmediata puede encontrarse en los escritos polémicos de Paracelso, pero para comprender a éste necesitamos examinar brevemente los antecedentes químicos de su obra.

LA QUÍMICA DEL OCCIDENTE LATINO

Los textos químicos, junto con otros tesoros de la ciencia, la filosofía y la medicina griegas, fueron introducidos en Europa occidental en el siglo XII en forma de traducciones y compendios de obras escritas (en su mayor parte) en árabe. Las primeras traducciones caracterizan ya a la química como un arte secreto, tan secreto que a menudo es difícil, cuando no imposible, identificar los textos originales. Mas, a medida que dejamos atrás el escenario indistinto del siglo XII, advertimos un creciente interés por esta ciencia, que aumentará rápidamente a lo largo de los dos siglos siguientes, antes de decaer en la cantidad —y la calidad— de los nuevos textos del siglo XV. Existen numerosas referencias a la alegoría alquímica en la literatura medieval, y "Canon Yeoman's Tale",[*] de Chaucer, escrito a fines del siglo XIV, sigue siendo la mejor descripción del charlatán fabricante de oro.

La alquimia medieval tomó mucho de la doctrina aristotélica. Los cuatro elementos (tierra, agua, aire y fuego) no sólo habían servido de base a la física aristotélica sino que, en forma de los cuatro humores correspondientes (sangre, flema, bilis amarilla y bilis negra), habían servido también de sólido fundamento a la teoría médica galénica. Las cualidades asociadas a estos elementos (calor, frío, humedad y sequedad) eran intercambiables, lo cual permitía la transmutación de un elemento en otro. En el siglo VIII los sabios musulmanes habían agregado a ésta una nueva teoría de los metales. Habían enseñado que los metales estaban compuestos por unos hipotéticos mercurio y azufre (filosofales, no reales). Cuando estos dos se presentaban en perfecta proporción, el metal resultante era el oro.

Pero, junto con la teoría aristotélica e islámica de los elementos, la alquimia llevaba consigo un aura de misterio y misticismo. En parte, ésta era tal vez un vestigio de la atmósfera en la que habían operado los primeros metalistas de Egipto. Mas también podía tener su origen en la tradición ocultista de las religiones místicas de las postrimerías de la Antigüedad. Los elementos gnósticos, neoplatónicos y neopitagóricos contribuían en gran medida a distinguir a esos alquimistas de los investigadores de la óptica, la astronomía y la matemática. Y, ciertamente, las corrientes religiosas impregnaban la literatura alquímica. La "gran obra" misma era concebida como una experiencia religiosa, y los procesos y las sustancias eran explicados con términos como *alma, cuerpo* y *espíritu.*

Junto con esa alegorización y ese misticismo, el alquimista hacía ahora hincapié en la evidencia fundada en la observación. Ya hemos mencionado la exhortación que hacía Paracelso al adepto para que aprendiera de la naturaleza antes que de los libros, pero el mismo mensaje es evidente en textos anteriores. Bonus de Ferrara, alquimista del siglo XIV, escribía:

> Si deseas saber que la pimienta es caliente y el vinagre refrescante; que la coloquíntida y el ajenjo son amargos, la miel dulce y el acónito venenoso; que el imán atrae al acero, el arsénico blanquea al latón y la atutía lo torna de un color anaranjado; en cada uno de estos casos deberás verificar la aserción por medio de una experiencia. Lo mismo vale para la geometría, la astronomía, la música, la perspectiva y otras ciencias que tienen una finalidad y un campo de acción prácticos. Una regla similar se aplica con doble razón en la alquimia, la cual pretende transmutar los metales comunes en oro y plata [...] La verdad y la justicia de esta aseveración, como todas las proposiciones de naturaleza práctica, tiene que ser demostrada mediante un experimento práctico y no puede ser demostrada satisfactoriamente de otra manera.[1]

Relacionado con esta insistencia en la observación, había en el alquimista un interés por los procedimientos de laboratorio. En el Medievo se habían producido grandes avances en las técnicas de destilación. Se construyeron hornos mucho más eficientes que los que se habían utilizado hasta entonces. Ahora, cuando se disponía de temperaturas más elevadas y mejor condensación, fue posible agregar al laboratorio químico nuevos reactivos (principalmente el

alcohol y los ácidos minerales). El Geber latino (principios del siglo XIV), nombre supuesto con el que se conoce a Yãbir ibn Hayyãn, autor del siglo VIII, produjo la obra más notable de este género, en la cual se describían el equipo y los procedimientos químicos.

Geber apenas si se refirió a la medicina, pero su relación con ésta sería un aspecto importante de la alquimia medieval. La búsqueda de productos químicos de utilidad farmacéutica aparece, en la obra de los autores musulmanes, en los escritos de al-Rãzi (Rhazés) (¿854?-925/926) y luego, frecuentemente, en sus seguidores. En Occidente Roger Bacon observaba en la *Opus tertium* (1267) que si bien muchos médicos utilizaban procedimientos químicos para preparar sus medicinas, muy pocos sabían cómo realizar aquellas "obras" que prolongaban la vida. Su contemporáneo más joven, Arnau de Villanova (¿1235?-1311), y Juan de Rupescissa, autor del siglo XIV, siguieron subrayando la importancia de la química en la medicina. A principios del siglo XVI esta forma de literatura científica había florecido en los numerosos libros sobre la destilación tan característicos de ese periodo. Todos ellos contenían descripciones del equipo químico necesario para producir aceites y bebidas alcohólicas derivadas de sustancias vegetales de toda especie. Los beneficios de estas "quintaesencias" parecían ser tan grandes que en las ediciones que se hicieron en el siglo XVI del antiguo herbario de Dioscórides se incluía un apéndice químico con objeto de actualizarlo.

Este saber químico no se consideraba de ningún modo opuesto a la ciencia de los aristotélicos o a la medicina de los galenistas. Sin duda, algunos se quejaban del conservadurismo de las escuelas, pero la alquimia había llegado a Occidente con todo el cuerpo de la sabiduría antigua. Había sido cultivada en el Cercano Oriente junto con la filosofía y la medicina clásicas —y no habría de divorciarse inmediatamente de esa antigua unión—. Nada indica tampoco que la química fuera vista como una disciplina rival y peligrosa por los médicos o los filósofos naturales.

La traducción que hizo Ficino en 1463 del *Corpus hermeticum* fue un factor más que iba a afectar a la química del Renacimiento. Al fomentar estudios ocultistas de toda especie, la alquimia atrajo pronto la atención de todos los hombres cultos, quienes veían en ella un campo de investigación al que no se había dado la debida atención en el pasado. Tanto Enrique Cornelio Agripa de Nettesheim como Giambattista della Porta habrían de considerar a la alquimia como una ciencia fundamental para la comprensión de la naturaleza. John Dee, aplicando el "método geométrico", formuló 24 teoremas para construir su "mónada jeroglífica", una figura que se aproximaba mucho al símbolo alquímico del mercurio. En el curso de esa construcción, Dee sintió que había repetido las primeras fases de la Creación. Se prometía al lector la revelación de grandes misterios y se pretendía que la obra, en su conjunto, era nada menos que una representación velada del proceso alquímico mismo. Pero esa pretensión de Dee

concordaba claramente con las matemáticas espirituales preconizadas por aquellos pitagóricos renacentistas que buscaban en el misticismo y en el análisis de los números una llave para explicar la Creación. Se admitían las verdades de la magia, mientras que las demostraciones matemáticas más convencionales, las técnicas del laboratorio químico y las aplicaciones prácticas de la medicina despertaban relativamente poco interés. Fue así como Dee llegó a pensar que la alquimia podía ser reconocida como la disciplina fundamental del filósofo natural.

Casi medio siglo antes, Paracelso había encontrado un nuevo fundamento de la teoría de la medicina en la alquimia. Ésta, a su vez, sería desarrollada hasta culminar en una filosofía universal de la naturaleza, validada por las correspondencias naturales que ligaban al hombre con el mundo que lo rodeaba. Y si la alquimia mística y "matematizada" de Dee tuvo poca repercusión fuera de un círculo de devotos alquimistas, las opiniones de Paracelso habrían de provocar en Europa debates relacionados tanto con la medicina como con la filosofía natural.

PARACELSO: LA BÚSQUEDA DE TODA UNA VIDA

Nacido en la aldea de Einsiedeln, cerca de Zúrich, en 1493, Felipe Aureolo Teofrasto Bombast von Hohenheim sería conocido más tarde como "Paracelso", o "más grande que Celso". En su infancia estuvo expuesto a una mezcla embriagadora de ideas renacentistas. Su padre era un médico rural aficionado a la alquimia, y el hijo no perdería nunca su interés por la medicina y el laboratorio químico. El joven Paracelso iba a estudiar con el famoso abad y alquimista Johannes Tritemio (1462-1516), y conocería la vida de las minas trabajando como aprendiz en las minas de los Fúcar en Villac, donde su padre se había establecido en 1500. Esta experiencia habría de fructificar más tarde en sus especulaciones sobre el crecimiento de los metales, así como en su libro sobre las enfermedades de los mineros, el primer libro escrito sobre un problema de patología ocupacional.

Cuando tenía 14 años, Paracelso abandonó el hogar para dedicarse a sus estudios y por espacio de más de dos décadas viajó extensamente. Visitó muchas universidades y es probable que se haya graduado como médico en Ferrara, pero, de ser así, al parecer prefirió ocupar el mucho menos prestigioso puesto de cirujano de los ejércitos que se trasladaban constantemente de un lugar a otro por toda Europa. Los viajes que realiza en la tercera década del siglo son más fáciles de reconstruir. Pasaba ahora de los 30 años y limitó sus viajes a Europa central, donde peregrinaba de pueblo en pueblo escribiendo y ofreciendo sus servicios como médico. Tuvo momentos ocasionales de gloria, como cuando fue nombrado médico municipal de Basilea en 1527, pero éstos siempre fueron

efímeros debido a su temperamento irascible. No se esforzaba por ocultar el desprecio que sentía por las universidades y sus círculos académicos. Y en cuanto a los médicos, era poca la consideración que le merecían:

> No necesito portar cota de malla o escudo para enfrentarme a vosotros, pues no sois lo suficientemente sabios ni experimentados para refutar una sola de mis palabras [...] Vosotros defendéis vuestro reino con servilismo y adulación. ¿Cuánto creéis que durará esto? [...] Yo os lo aseguro: cualquiera de los vellos que tengo en la nuca sabe más que vosotros y todos vuestros autores, y las hebillas de mis zapatos saben más que vuestro Galeno y vuestro Avicena, y mi barba tiene más experiencia que todas vuestras grandes escuelas.[2]

Semejantes arrebatos de cólera iban a ocasionar que perdiera un puesto tras otro, pues ofendían incluso a quienes más deseaban ayudarlo. A causa de ello, vagaba constantemente por diversos lugares; murió en 1541 en Salzburgo, donde poco antes lo había llamado el obispo sufragáneo Ernesto de Wittelsbach.

LA FILOSOFÍA QUÍMICA PARACELSIANA

Cuando muere Paracelso nada parecía indicar que su obra llegaría a ser el foco de las controversias de los eruditos por más de un siglo. Es cierto, había sido en vida una figura polémica, pero relativamente pocos de sus voluminosos escritos habían sido publicados mientras vivía. Sólo después comenzó a fluir de las prensas el torrente de textos paracelsianos.

La leyenda de las curaciones casi milagrosas de este hombre surge en los años posteriores a 1550 y pronto se emprende una búsqueda intensa de sus manuscritos, los que a menudo son publicados con notas y comentarios. Al finalizar el siglo se imprimían vastas ediciones de sus obras completas y toda una escuela de paracelsianos contendía con los aristotélicos y los galenistas sobre el curso que la filosofía natural y la medicina debían seguir.

Dada la publicación tardía de los textos, es tan válido hablar de la filosofía de los paracelsianos como de la de Paracelso. Pero aun cuando hagamos esta concesión, es difícil reconstruir la filosofía química, en parte porque no se publicaron simples libros de texto y en parte porque las opiniones de estos hombres son contrarias a las del científico del siglo XX.

En realidad, mucho en la obra de los paracelsianos recuerda a otros filósofos naturales del Renacimiento. Más que nada, intentaron derrotar al aristotelismo tradicional que predominaba en las universidades. Aristóteles era para ellos un autor hereje cuya filosofía y cuyo sistema de la naturaleza eran incompatibles con el cristianismo, un punto de suma importancia durante la Reforma. Afirmaban que su influencia en la medicina había sido catastrófica, pues Galeno había aceptado su obra sin cuestionarla y, subsecuentemente, el sistema aristotélico-galénico se había convertido en la base de la enseñanza médica en

toda Europa. En su opinión, las universidades agonizaban sin remedio, obstinadas en su adhesión a la Antigüedad.

Los paracelsianos pretendían remplazar todo ese sistema con una filosofía cristiana, neoplatónica y hermética que explicaría todos los fenómenos naturales. El verdadero médico, sostenían, podía encontrar la verdad en los dos libros divinos: el libro de la revelación divina —la Biblia— y el libro de la creación divina —la naturaleza (fig. II.1)—. De esta manera, los paracelsianos se aplicaban por un lado a una especie de exégesis bíblica y, por otro, postulaban una nueva filosofía de la naturaleza, basada en nuevas observaciones y experimentos. Encontramos un excelente ejemplo de esta actitud en la obra de uno de los primeros sistematizadores importantes del *corpus* paracelsiano, Peter Severinus (1540-1602), médico del rey de Dinamarca, quien decía a sus lectores que necesitaban vender sus propiedades, quemar sus libros y comenzar a viajar para que pudieran efectuar y recoger observaciones sobre las plantas, los animales y los minerales. Concluida su *Wanderjahren,* debían "comprar carbón, construir hornos, vigilar el fuego y operar con éste sin descansar. Por este camino, y no por otro, arribaréis a un conocimiento de las cosas y sus propiedades".



FIGURA II.1. *El verdadero filósofo químico aprende por revelación divina, así como por los estudios químicos. De Heinrich Khunrath,* Amphitheatrum sapientiae *(1609). Colección del autor.*

Percibimos una gran confianza en la observación y en la experimentación en la obra de estos hombres, aun cuando su concepto de lo que es un experimento y cuál es su función sea a menudo enteramente distinto del nuestro. Notamos, a la vez, una latente desconfianza de la aplicación de las matemáticas al estudio de la naturaleza. Ellos preferían hablar, como buenos platónicos, de las armonías matemáticas y divinas del universo. Paracelso, además, al referirse a las verdaderas matemáticas, las había identificado expresamente con la verdadera magia natural. Los paracelsianos, sin embargo, solían reaccionar con disgusto

ante el método de argumentación lógico y “geométrico” que empleaban los aristotélicos y los galenistas. Condenaban ese “método matemático” junto con la importancia que tradicionalmente habían dado los escolásticos a la geometría y, específicamente, impugnaban el uso de abstracciones matemáticas para estudiar los fenómenos naturales —particularmente para estudiar el movimiento local—. Las razones que aducían para ello eran fundamentalmente de carácter religioso y por eso sentían especial aversión por la *Física* de Aristóteles. En ésta —apoyándose en un estudio del movimiento— se decía que el Dios creador debía ser inmóvil. Los químicos paracelsianos de la Reforma declaraban categóricamente que cualquier argumento que impusiera semejante restricción al Ser Supremo todopoderoso era inaceptable —y por esa sola razón los textos de los antiguos eran sacrílegos y debían desecharse—. La filosofía química sería una nueva ciencia basada firmemente en la observación y en la religión. Pero quienes recurrían a los métodos cuantitativos recordaban tal vez que Dios había creado “todas las cosas en número, peso y medida”. Ello se interpretaba como un mandato que iba dirigido al médico, al químico y al farmacéutico —hombres que pesaban y medían regularmente en el curso de su labor— (fig. II.2).

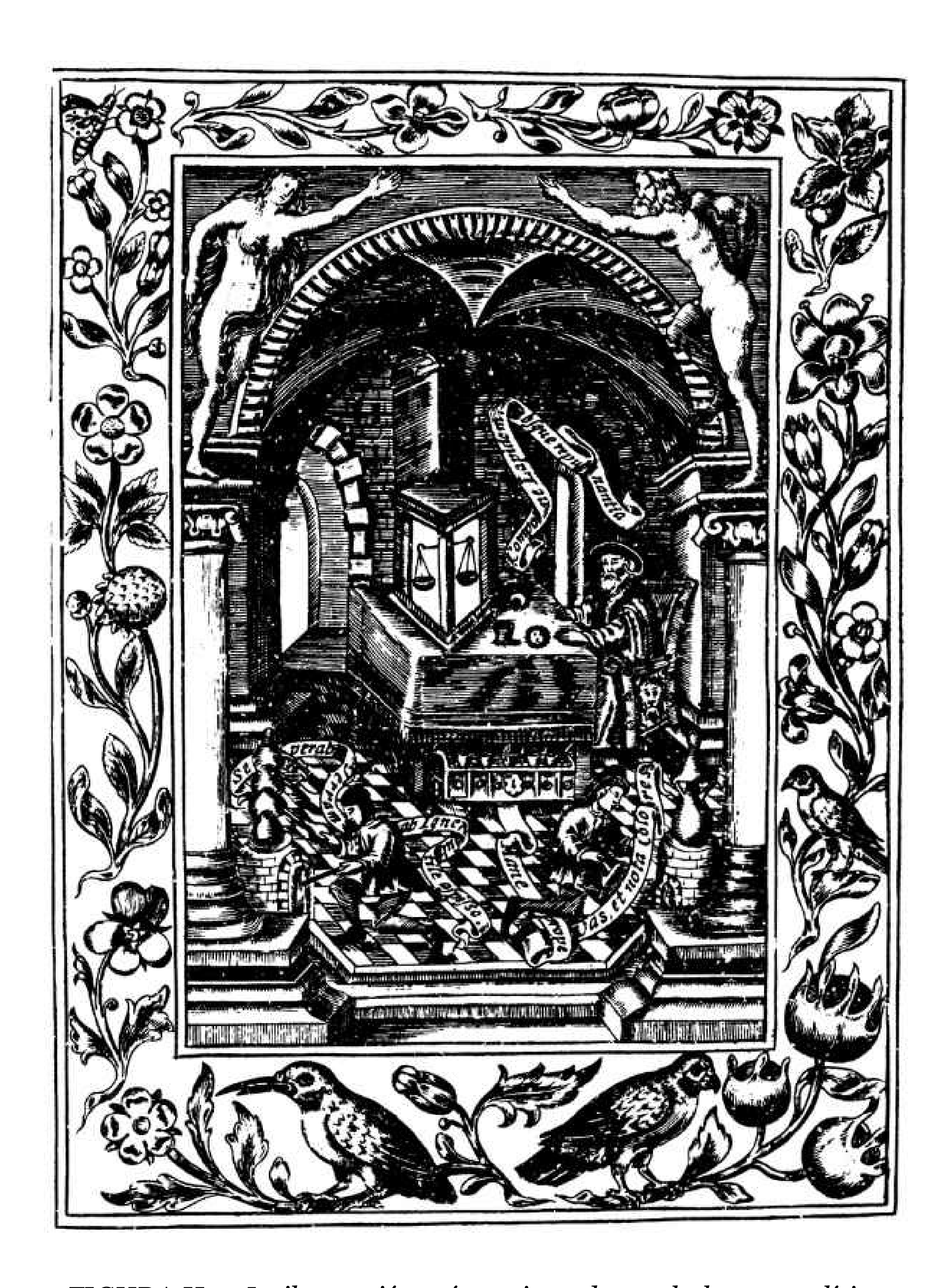


FIGURA II.2. *La ilustración más antigua de una balanza analítica encerrada se encuentra en este grabado de un laboratorio alquímico. Del* Theatrum Chemicum Britannicum, *comp. Elias Ashmole (1652). Cortesía del Department of Special Collections, The University of Chicago.*

Pero si los paracelsianos rechazaban lo que llamaban el método *lógico-matemático* de las escuelas, ellos se acogían a la química con la convicción de que esta ciencia era la base de una nueva interpretación de la naturaleza. Era una ciencia basada en la observación y su campo era universal. Afirmaciones semejantes iban a encontrarse en los textos tradicionales de química. Según Paracelso, la alquimia había ofrecido una "explicación adecuada de los cuatro elementos", lo cual significaba literalmente que la alquimia y la química podían

ser utilizadas como claves para descifrar el cosmos, ya sea mediante la experimentación directa o mediante la analogía. Paracelso explicaba la Creación misma como una revelación química de la naturaleza. Los paracelsianos posteriores adoptaron y desarrollaron ese tema. Gerhard Dorn (1565-1585) hacía una descripción minuciosa de los dos primeros capítulos del Génesis a la luz de la nueva física química, y Thomas Tymme declaraba que la Creación no había sido sino una “extracción, separación, sublimación y conjunción alquímica”.

La interpretación química del Génesis ayudaba a enfocar la atención en el problema de los elementos considerados como el fruto primero y necesario de la Creación. Y si bien los *tria prima* de los paracelsianos (sal, azufre y mercurio) eran una modificación de la antigua teoría de los metales (azufre-mercurio) y otras tríadas elementales, tuvieron especial importancia en la aparición de la ciencia moderna. Los elementos aristotélicos (tierra, agua, aire y fuego) servían de fundamento al sistema cosmológico aceptado. Eran utilizados por los alquimistas como un medio para explicar la composición de la materia, por los médicos (en forma de humores) como un sistema para interpretar las enfermedades, y por los físicos como la base para entender adecuadamente el movimiento natural. Por lo mismo, con la introducción de un nuevo sistema de los elementos se corría el riesgo de cuestionar toda la estructura de la medicina y la filosofía natural de la Antigüedad.

Pero, aunque los nuevos principios pueden interpretarse propiamente como parte de una impugnación de la filosofía escolástica, es evidente también que dieron origen a muchas confusiones. Paracelso no había definido claramente estos principios y, ciertamente, fueron de poca utilidad para el desarrollo de la química analítica moderna, ya que al describirlos se decía que diferían cualitativamente en los distintos materiales. Paracelso tampoco había propuesto específicamente estos principios para remplazar con ellos los elementos aristotélicos. En realidad, él había utilizado ambos sistemas —y a menudo de un modo aparentemente contradictorio—. Hacia el último cuarto del siglo XVI encontramos la teoría de los elementos en un estado de fluctuación: los químicos acudían a la evidencia fundada en la observación o a los textos paracelsianos según juzgaban conveniente. Con todo, cuando examinamos los textos de ese periodo vemos que cada vez eran más los médicos químicos que adoptaban los tres principios como un medio explicativo. Algunos lo hacían atraídos por la analogía trinitaria de cuerpo, alma y espíritu, mientras que otros recurrían a ellos en busca de un sustituto para los humores. Para los teóricos químicos representaban sustancias filosóficas que en realidad no se podían aislar, mientras que para el farmacéutico práctico no eran sino los productos de su destilación. No era raro que una hierba medicinal produjera una flema acuosa, un aceite inflamable y un sólido, y se pensaba que éstos indicaban al menos la presencia de los principios primigenios: mercurio, azufre y sal.

Mas el concepto de un universo químico rebasaba la interpretación química de la Creación y los problemas de la teoría de los elementos. Aquellos autores que se interesaban en la meteorología explicaban el trueno y el relámpago como una combinación de azufre y salitre en la atmósfera, una explosión análoga a la producida por el azufre y el salitre contenidos en la pólvora. De modo similar, los autores paracelsianos fueron los primeros que ofrecieron una hipótesis significativa para el desarrollo de la agroquímica. En busca de una explicación de los efectos benéficos de los abonos en la agricultura, postularon correctamente que los abonos contenían sales solubles esenciales para el suelo.

Para los paracelsianos, en efecto, la Tierra era un vasto laboratorio químico, y ello explicaba el origen de los volcanes, las fuentes termales, los manantiales de las montañas y el crecimiento de los metales. Se recurría al antiguo concepto de un fuego interior para explicar la existencia de los volcanes, los que eran concebidos como erupciones de materia fundida a través de grietas en la superficie terrestre (fig. II.3). Los manantiales que fluían de las montañas se explicaban en forma análoga. En este caso se decía que las reservas de agua subterránea eran destiladas por el calor de ese fuego central. A medida que ese vapor ascendía a la superficie, las montañas actuaban como alambiques químicos, dando por resultado el manantial "destilado" que brotaba de la montaña. Sin embargo, algunos rechazaban la posibilidad de ese fuego, alegando que en el interior de la Tierra no había el aire necesario para que se diera semejante conflagración. Henri de Rochas (1620-1640) sugería que el calor de los manantiales de agua mineral era producido por la reacción del azufre y una sal nitrosa en el seno de la Tierra. El médico inglés Edward Jorden (1569-1632) ofrecía otra explicación química más amplia. Vitalista cabal, como la mayor parte de los químicos de ese periodo, Jorden sostenía la noción, comúnmente aceptada, del crecimiento de los metales, pero explicaba éste en forma novedosa. Se valía para ello del proceso alquímico de la "fermentación", al que definía como una reacción generadora de calor que no requería de aire. Ésa, afirmaba, debía ser la causa del crecimiento de la materia inorgánica. Esta nueva fuente de calor permitía entender los volcanes y los manantiales que nacían en las montañas, sin tener que recurrir a la noción problemática de un fuego central.

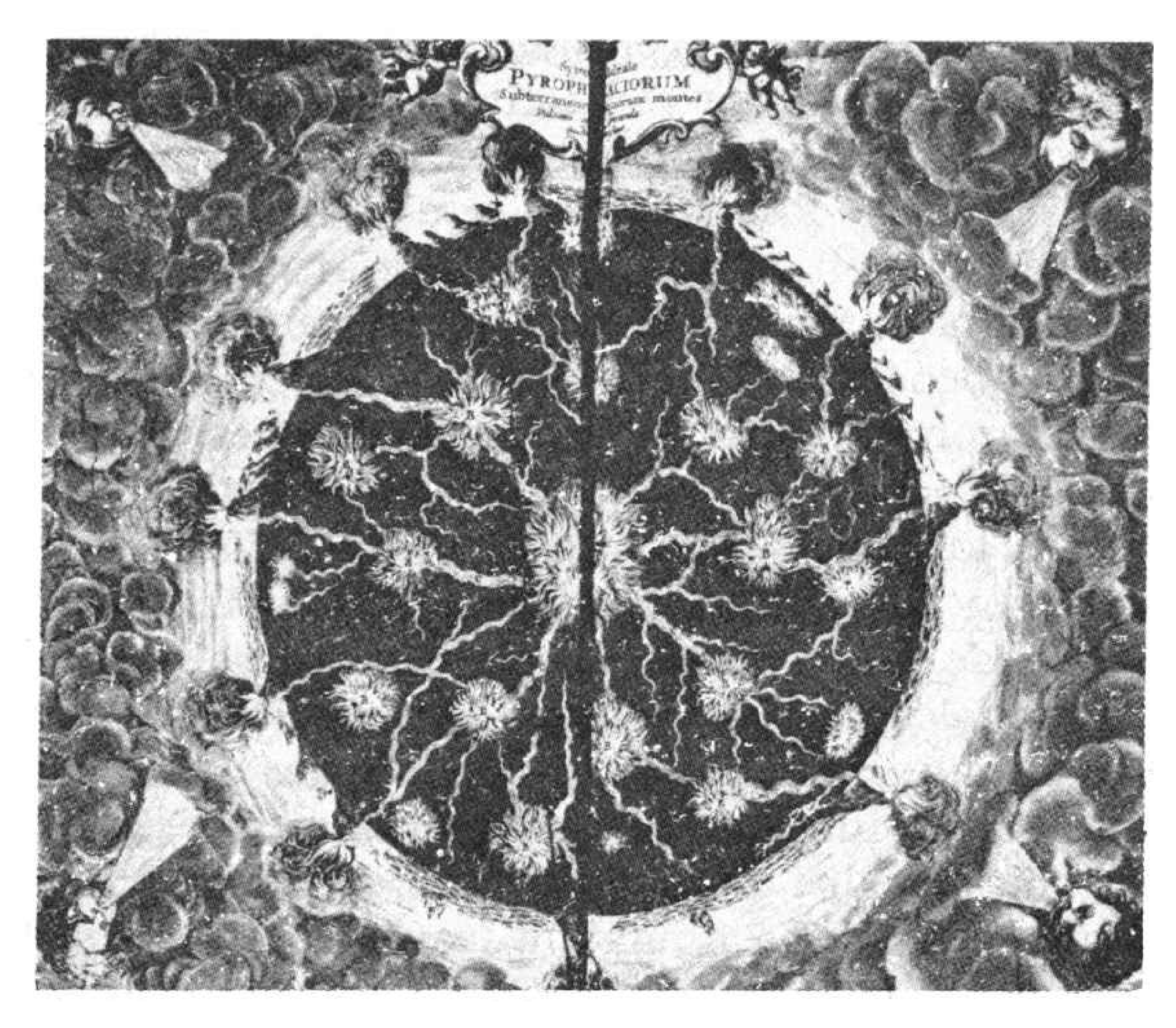


FIGURA II.3. *Diagrama que muestra la interrelación de los volcanes y el fuego central. De Atanasio Kircher,* Mundus subterraneus *(1678). Cortesía del Department of Special Collections, The University of Chicago.*

EL MICROCOSMOS Y LA TEORÍA MÉDICA

La filosofía química paracelsiana era considerada como una nueva concepción, fundada en la observación de toda la naturaleza, pero desde un principio atrajo especialmente la atención de los médicos. Paracelso había insistido en que había sido Dios, y no las constelaciones, el que lo había creado médico; sus seguidores repetían sus palabras y añadían que, en virtud de su origen divino, la medicina era superior a las demás ciencias. En este punto, tanto él como ellos reflejaban el concepto de sacerdote-médico del neoplatonismo renacentista, aunque es probable que la última fuente de esta idea se encuentre en el Eclesiástico, 38: 1:

“Da al médico, por sus servicios, los honores que merece, que también a él lo creó el Señor”. Para Paracelso, en efecto, el papel del médico podía compararse propiamente con el del verdadero mago natural.

Paracelso y sus primeros seguidores creían firmemente en la analogía macrocosmos-microcosmos. El hombre era una pequeña réplica del gran mundo que lo rodeaba, y en su interior estaban representadas todas las partes del universo (fig. II.4). En todas las épocas se había considerado provechoso descubrir las correspondencias que existían entre los mundos mayor y menor, y se había acudido a la teoría de la simpatía y la antipatía para explicar la interacción universal. En contraste con los aristotélicos, quienes insistían en la acción mediante el contacto, los paracelsianos no veían ningún inconveniente en aceptar la acción a distancia. Por tanto, se comprende fácilmente por qué los herméticos paracelsianos fueron de los primeros que defendieron las investigaciones experimentales que realizó William Gilbert sobre el imán. En el campo de la medicina, la discutible curación por medio de un bálsamo que se aplicaba a las armas (método curativo basado en la simpatía que implicaba tratar el arma en lugar de la persona herida) presuponía sin duda la posibilidad de obrar a distancia.

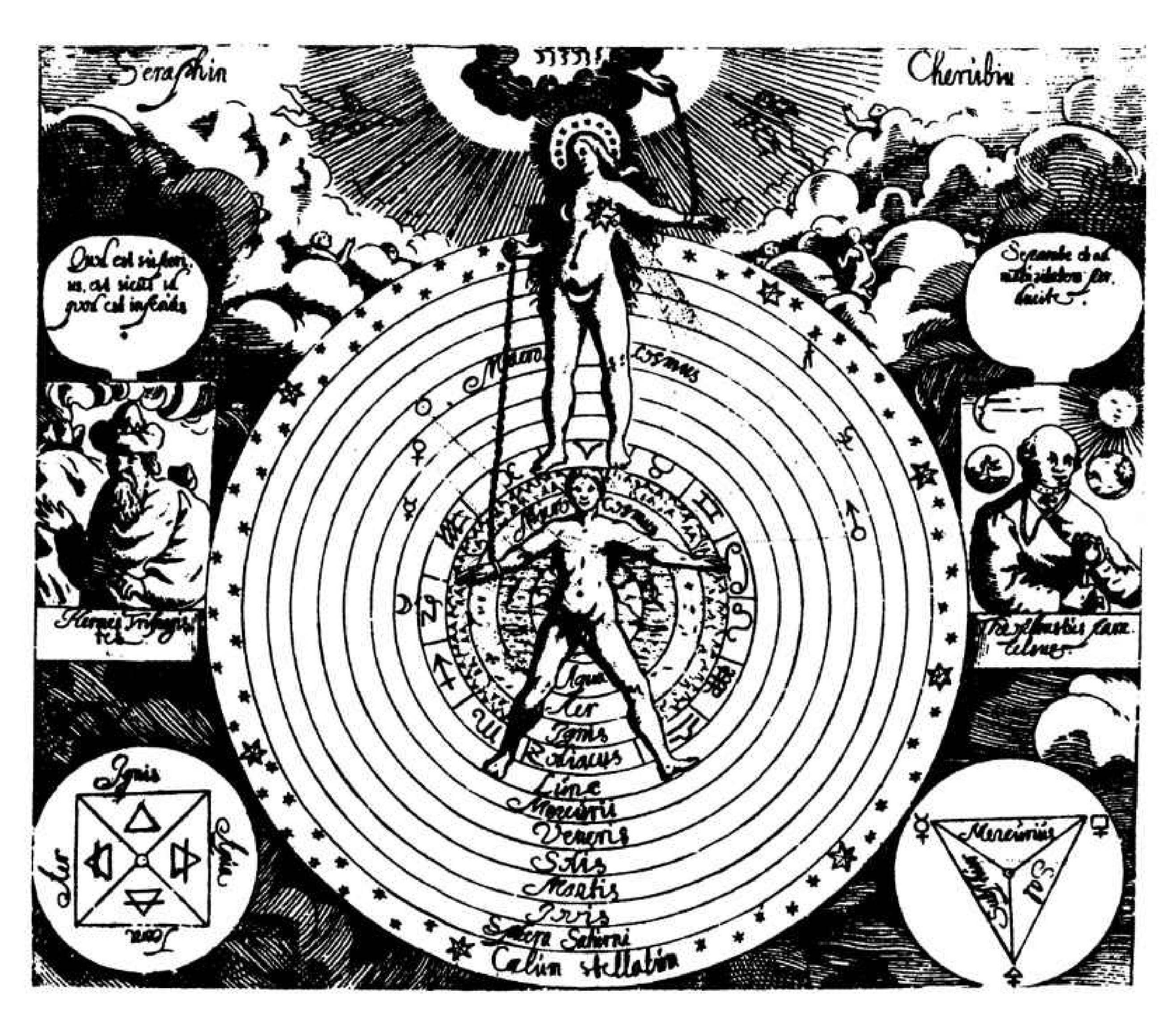


FIGURA II.4. *El hombre como microcosmos unido a su Creador por las cadenas de la naturaleza, representada como una joven mujer. Obsérvense los retratos de Hermes y Paracelso, así como los diagramas de los cuatro elementos y los tres principios. De Tobias Schütz,* Harmonia macrocosmi cum microcosmi *(1654). Cortesía del Department of Special Collections, The University of Chicago.*

Para el paracelsiano, la teoría de los humores de la medicina galénica había dejado de ser válida. La explicación tradicional de la enfermedad como un desequilibrio interno de los humores era rechazada por Paracelso. Éste prefería subrayar aquellos trastornos locales dentro del cuerpo que se atribuían a alguno de los tres principios. En su opinión, una de las causas principales de las enfermedades se encontraba en factores externos que, a semejanza de semillas, se introducían en el cuerpo por medio del aire, los alimentos o las bebidas. Éstos arraigaban y se desarrollaban después en órganos específicos. De ello podía inferirse una analogía entre el macrocosmos y el microcosmos. Así como las "semillas" metálicas causaban el crecimiento de vetas metálicas en la Tierra, las "semillas" de la enfermedad crecían dentro del cuerpo a medida que minaban la

fuerza vital local de órganos específicos. Esta fuerza vital separaba la sustancia pura de los desechos de modo análogo a como el alquimista intentaba aislar en su laboratorio las quintaesencias puras de la materia bruta.

La relación entre el macrocosmos y el hombre tenía otras implicaciones químicas. El paracelsiano francés Joseph Duchesne (¿1544?-1609) era un ejemplo de esa búsqueda persistente de analogías químicas de los paracelsianos cuando, al referirse a las enfermedades respiratorias, se servía de la misma analogía de la destilación que empleaban otros yatroquímicos (o médico-químicos) para explicar el origen de los arroyos que nacían en las montañas. Especial importancia se atribuía al aire, al que se consideraba esencial para la preservación del fuego y de la vida. Si, por una parte, el azufre y el salitre podían combinarse en la atmósfera para producir el trueno y el relámpago en el cielo o fuentes termales en la Tierra, por otra, al ser inhalados, podían reaccionar dentro del cuerpo para provocar enfermedades que se caracterizaban por cualidades calientes y ardientes (fig. II.5). Para principios del siglo XVII se había asociado el salitre aéreo con una fuerza vital indispensable para el hombre. En efecto, esa fuerza vital se identificaba en ocasiones con el *spiritus mundi*. Se postulaba que, una vez que había sido separada del aire impuro en los pulmones, esta sustancia era transformada en sangre arterial. En vista de que sostenían este concepto —o sus modificaciones— no debe extrañarnos que los paracelsianos del siglo XVII rechazaran la práctica común de la sangría. Esta operación, argumentaban, no hacía sino mermar la fuerza vital y esencial del paciente. Su rechazo de la sangría servía al mismo tiempo para manifestar su oposición a la patología humoral tradicional.

Si la filosofía química de la naturaleza de los paracelsianos proporcionaba un sistema conceptual al yatroquímico, lo proveía también de una base para su actividad práctica. Debido a la importancia que se atribuía al calor y al fuego, tanto el nuevo análisis químico de la orina como la nueva doctrina química de las signaturas se caracterizaban por procedimientos destilatorios. Similarmente, en busca de los ingredientes de las aguas medicinales de los manantiales de agua mineral, los paracelsianos contribuyeron al desarrollo de la química analítica. Una larga tradición medieval en este terreno había fructificado en el desarrollo no sólo de pruebas aisladas, sino de auténticos procedimientos analíticos y, como es fácil comprender, los paracelsianos asimilaron rápidamente esa tradición y la continuaron. Para 1571 Leonard Thurneisser (¿1530?-1596) ya empleaba métodos cuantitativos, pruebas de solubilidad, análisis cristalográficos y pruebas con mechero, y a principios del siglo siguiente Edward Jorden proponía el cambio de color (de rojo a azul) de la "tela de color de escarlata" como una prueba regular para aquellos líquidos que actualmente podríamos clasificar como ácidos y bases. La obra de estos hombres suministró la información básica necesaria para la investigación analítica que emprendería más tarde Robert Boyle en ese mismo siglo.

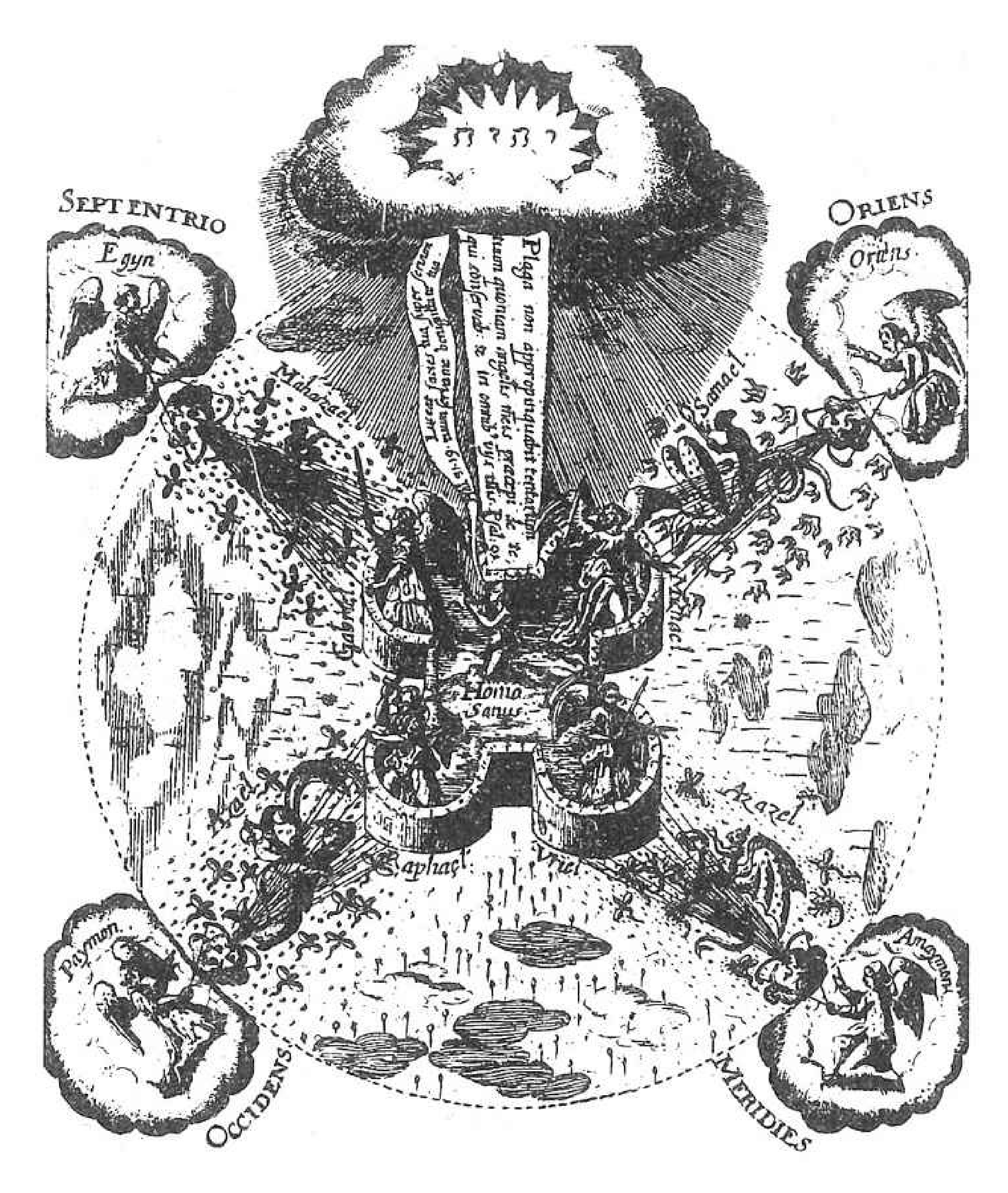


FIGURA II.5. *El hombre sitiado en su castillo de la salud. De Robert Fludd,* Integrum morborum mysterium *(1631). Colección del autor.*

A los resultados de los nuevos análisis químicos se les dio una aplicación práctica. Ahora los químicos podían dar instrucciones para la preparación de aguas minerales artificiales a quienes no podían viajar a los balnearios de aguas minerales; al mismo tiempo, esa información analítica constituía un argumento más en favor del uso de medicamentos preparados químicamente. Los paracelsianos sostenían vehementemente que la suya era una época nueva y violenta —una época que había engendrado enfermedades devastadoras desconocidas para los antiguos—. (En particular, estaban consternados por las enfermedades venéreas.) En consecuencia, necesitaban medicinas nuevas, más

potentes que los medicamentos galénicos tradicionales preparados a base de hierbas. Lo que querían decir era evidente: esas nuevas medicinas eran los metales y los minerales que ellos preparaban químicamente. En este campo, los paracelsianos no eran innovadores. No obstante, como declaraba R. Bostocke en 1585, el verdadero paracelsiano se distinguía de los demás médicos por el cuidado y la atención que ponía en la dosificación, y por su empleo del arte de la química para extraer únicamente la esencia benéfica de los minerales peligrosos. Además, en su defensa de estas medicinas (1603), Duchesne se apoyaba en los análisis de las aguas minerales para demostrar que los minerales tenían efectos medicinales benéficos.

Mas tales apologías de los medicamentos químicos no satisfacían de ninguna manera a los defensores de la *materia medica* tradicional y, a decir verdad, el temor que inspiraban las nuevas drogas no era infundado. Paracelso había abjurado de la máxima galénica que decía que "los contrarios se curan con los contrarios", y se había vuelto en cambio a la medicina popular germánica, la que insistía en que "los semejantes se curan con los semejantes". Se recomendaba al médico que investigara los venenos en lugar de las inocuas mixturas vegetales. El veneno que causaba una enfermedad —aplicado en forma apropiada— debía convertirse ahora en su remedio. Y si bien los químicos procuraban suprimir sus propiedades tóxicas, sus intenciones no tranquilizaban a los médicos ortodoxos. Para éstos, muchos de los que preconizaban las nuevas drogas eran charlatanes ignorantes. En un texto galénico hasta el término *paracelsiano* tenía una connotación peyorativa, Tomás Erasto (1524-1583) acusaba a Paracelso de promover el uso interno de venenos letales (1572). John Donne (1573-1631), al comparar las innovaciones respectivas de Copérnico y Paracelso, recluía al último en el antro más recóndito de la guarida de Satanás y lo nombraba gobernador de la "legión de médicos homicidas". En respuesta, los químicos defendían cada vez con más energía sus medicamentos y sus métodos. A mediados del siglo XVII se propuso que varios centenares de enfermos pobres fueran sacados de los hospitales y los campamentos militares. Se les dividiría en dos grupos; uno sería tratado por los galenistas y el otro por los químicos. El número de defunciones determinaría cuál de las dos medicinas había triunfado, si la química o la tradicional. El experimento nunca se llevó a cabo, pero el hecho de que haya sido propuesto indica lo acalorado de la controversia.

A principios del siglo XVII las nuevas drogas se convirtieron en tema de intensas controversias en las universidades. Los panfletos más exaltados aparecieron en París en la primera década del siglo, pero pronto fueron traducidos y publicados en otras partes de Europa, y existen versiones del conflicto escritas ya en 1606. En Londres, los miembros del Real Colegio de Médicos venían planeando, desde hacía varias décadas, la publicación de una farmacopea oficial. Cuando el médico químico francés Theodore Turquet de Mayerne (1573-1655) se estableció en Londres como médico del rey Jacobo I,

aumentó el interés de los primeros por los nuevos medicamentos químicos. Y en 1618, cuando al fin se publicó la farmacopea, se vio que se había llegado a un prudente compromiso. Mientras que la mayor parte del volumen estaba dedicada a los medicamentos galénicos tradicionales, varias secciones estaban reservadas a los nuevos medicamentos preparados químicamente. Se les daba sanción oficial lo mismo en esas secciones que en el prefacio, donde se señalaba su eficacia para tratar enfermedades difíciles.

Por tanto, podemos hablar propiamente de una creciente polarización de los médicos herméticos y los galenistas. Pero, al mismo tiempo, la posición del Colegio de Médicos de Londres muestra la tendencia final hacia un compromiso respecto a la difícil cuestión del uso interno de los nuevos medicamentos. Y en cuanto a los médicos químicos, un sector cada vez más numeroso de ellos trató de mantener la química como la base de una nueva filosofía de la naturaleza, pero despojada de sus aspectos más místicos y menos experimentales. Yatroquímicos tan influyentes como Daniel Sennert (1572-1637) y Andreas Libavius (1540-1616) convenían con Paracelso en que la química era un fundamento idóneo de la medicina y era, consiguientemente, la ciencia principal. Pero se oponían a que las obras de Aristóteles, Galeno e Hipócrates fueran desechadas y quemadas en el mercado. En lugar de recurrir a polémicas, el verdadero médico debía examinar tanto la antigua como la nueva medicina y aceptar lo mejor de ambas. Para muchos yatroquímicos del siglo XVII la filosofía química podía practicarse con entera confianza, pues parecía suministrar a las ciencias un nuevo fundamento basado en la observación. Pero a muchos de estos mismos hombres les inquietaba, tanto como a los galenistas —o, posteriormente, a los filósofos mecanicistas—, la cosmología mística y alquímica de algunos de sus colegas. Por esta razón, el lector encontrará en esta literatura una desconcertante gama de opiniones médicas y químicas. Estos libros y panfletos lo abarcan todo, desde la alquimia alegórica tradicional hasta las farmacopeas químicas de carácter práctico. Y, como veremos más adelante, esos debates interesaron profundamente tanto a los médicos como a los científicos hasta bien entrado el siglo XVII.

Conviene hacer una pausa para reflexionar en la importancia que tuvieron la química y las controversias médicas a fines del Renacimiento. ¿Qué habían conseguido los paracelsianos? ¿Cómo habían influido en la medicina y en la ciencia de ese periodo?

Sobre todo, la medicina paracelsiana representó una reacción en contra de la veneración tradicional que se tenía por la Antigüedad. Los primeros paracelsianos se expresaban severamente de Aristóteles y Galeno (aunque no siempre de Hipócrates) y acudían, en cambio, a los textos herméticos, alquímicos y neoplatónicos recientemente traducidos. Un universo vitalista fundado en la analogía macrocosmos-microcosmos, y el oficio divino del médico, servían de

base a una nueva interpretación cristiana de toda la naturaleza. Llevados por su afán de reforma, los paracelsianos procedieron a atacar los cimientos mismos del antiguo sistema. Se cuestionaron tanto los elementos aristotélicos —sobre los que descansaba la antigua cosmología— como sus humores correspondientes —de los cuales dependía la medicina galénica—. Los químicos adoptaron entonces los tres principios como un recurso explicativo, y los médicos paracelsianos no hablaban ya de un desequilibrio de fluidos, sino de focos locales de enfermedad regidos por *archei* internos.

La respuesta de los paracelsianos a la Antigüedad tuvo su mejor expresión en su insistencia en la observación y la experiencia como una nueva base para estudiar la naturaleza. Ciertamente, los paracelsianos no eran los únicos que sostenían esta tesis, pero su interés especial por la química, a la que consideraron una guía para el estudio del hombre y el universo, los distingue de otros filósofos de la naturaleza del Renacimiento. Su uso extensivo del equipo químico en experimentos de destilación y su constante referencia a las analogías químicas, como un medio para comprender todos los fenómenos naturales, los sitúan indiscutiblemente en la tradición hermético-alquímica.

La medicina de los paracelsianos estaba profundamente imbuida de química, mas no de matemáticas. Pues, aunque aceptaban en principio la certeza de la prueba matemática, su concepto de la cuantificación estaba de hecho más cerca del misticismo neopitagórico y las mediciones prácticas basadas en el peso de los cuerpos. Las abstracciones matemáticas de los fenómenos naturales y las demostraciones geométricas recordaban al escolasticismo, algo que, evidentemente, debía evitarse. Se sospechaba hasta de la misma lógica, a la que se veía como una forma de la ciencia y la medicina "matemática" de la Antigüedad. Por tanto, la médico-ciencia de los paracelsianos tendía a ser un enfoque de la naturaleza menos "matematizado" que el de la ciencia anterior.

Estos médicos químicos exponían sus opiniones con convicción, mas a menudo con poco tacto. Censuraban la excesiva confianza que se tenía comúnmente en la Antigüedad. Proponían una nueva medicina y una nueva filosofía natural, fundadas en observaciones y experimentos relacionados con la química. Exigían también reformas educativas para que se permitiera enseñar su concepción "cristiana" de la naturaleza en las universidades. En estos puntos entraron en franco conflicto con la tradición. Entre ellos, sin embargo, discutían con no menos vehemencia. En este caso se debatían cuestiones como el lugar que debía ocupar la matemática en la formación de la nueva filosofía, la teoría de los elementos, la analogía macrocosmos-microcosmos y el significado de las emanaciones astrales. Desde luego, podemos atribuir a los paracelsianos el mérito de avances específicos —su concepto de la enfermedad y su reconocimiento de la importancia de la química para la medicina (tanto como una base para entender los procesos fisiológicos, como una nueva fuente de preparaciones medicinales) sirven de excelentes ejemplos—. Y es indudable que

algunos de los conceptos "modernos" de fines del siglo XVII tienen su origen en los conceptos "no modernos" de los yatroquímicos del siglo anterior. Sin embargo, fue principalmente al definir su concepción de una nueva ciencia basada en la medicina e interpretada a la luz de la química cuando se vieron envueltos en una controversia que influiría sobre la definición de aspectos importantes de la ciencia moderna.

III. EL ESTUDIO DE LA NATURALEZA EN UN MUNDO CAMBIANTE

CON NUESTRO breve examen de los paracelsianos esperamos haber demostrado que, por lo que respecta al Renacimiento, sería erróneo separar el estudio de la naturaleza inorgánica del de la orgánica. Los aristotélicos, los platónicos y los paracelsianos del siglo XVI concebían al mundo como un ser vivo —y ello en todos los niveles—. No es raro leer descripciones teóricas de la fecundación de la Tierra por semillas astrales y del consiguiente crecimiento de los metales en vetas. Muchos consideraban este proceso comparable al crecimiento del feto humano. Análogamente, se argumentaba que, así como los granos se cosechaban en los campos de cultivo, los metales que crecían también podían cosecharse una y otra vez en las entrañas de la Tierra. Tales creencias fueron comunes entre los mineros de Europa central hasta principios del siglo XX. Para los eruditos del Renacimiento era indudable que en el aire existía un espíritu vital necesario para todos los seres vivientes. En su *Philosophical Key* (hacia 1619), Robert Fludd se basaba en ese *spiritus mundi* para explicar la generación espontánea; a la búsqueda de un método para aislar esta sustancia dedicaría gran parte de su vida. Y, aunque muchos habrían desaprobado las tendencias místicas de Fludd, otros habrían aceptado sus supuestos filosóficos sobre el particular.

Pero, hecha esa advertencia, seguimos considerando conveniente separar la obra del minero y del metalúrgico de la del botánico, el zoólogo y el biólogo. Cuando observamos sus respectivos campos, encontramos que en los siglos XVI y XVII se produjeron cambios dramáticos. Advertimos que el saber popular medieval acerca de las plantas y los animales es remplazado por la crítica humanística de los textos —y posteriormente por una búsqueda intensa de nueva información basada en observaciones, con las cuales se intentaba sustituir tanto a la tradición antigua como a la crítica literaria—.

EL REINO ANIMAL

El conocimiento que se tenía en la Edad Media respecto de los animales se derivaba en gran parte de la *Historia natural* de Plinio el Viejo, escrita en el siglo

primero de nuestra era. En esa obra, junto con mucha otra información, se presentaba una abundancia de datos y folclor relativos a los animales de Europa, África y Asia. Para Plinio eran importantes los hábitos de todos los animales, por fabulosos que pudieran parecer. Describía asimismo su apariencia, el uso medicinal que se daba a sus órganos y, especialmente, mencionaba cuándo se les había visto por primera vez en Roma. Las descripciones que hizo Plinio de monstruos de toda especie se repitieron en los bestiarios medievales que heredó también el erudito renacentista. Mas el texto de Plinio era tan vulnerable a la crítica humanística como los textos de otras autoridades de la Antigüedad. Ermolao Barbaro (1454-1493) se enfrentó a los 37 libros de la *Historia natural* para producir una obra que rivalizaba con ella en extensión. En sus *Castigationes plinanae* (1492-1493) Barbaro erradicaba los errores artículo por artículo. Pero, en una actitud típicamente humanista, casi no se cuidó de aportar nuevas observaciones sobre las plantas y los animales descritos por el almirante romano; en cambio, se dedicó a investigar las fuentes antiguas en que se había apoyado Plinio. De este modo, rechazaba la afirmación de Plinio de que los elefantes vivían de 200 a 300 años. La cifra correcta —y citaba a Aristóteles como la fuente respectiva— no eran 300, sino 120 años.

La tradición enciclopédica de Plinio conservó su fecundidad en los siglos XVI y XVII. Los escritos de Conrad Gesner (1516-1565) abarcaban todos los aspectos del conocimiento y, en efecto, su *Bibliotheca universalis* (1545) es la primera gran obra bibliográfica anotada de la era de los libros impresos. No menos importante es su *Historiae animalium* (1551-1621), obra que constaba de cinco volúmenes e incluía todos los animales a los que se referían tanto las autoridades antiguas como las modernas. Contenía información sobre cada bestia con respecto a su hábitat, fisiología, enfermedades, hábitos, utilidad y dieta. Gesner exponía muchas observaciones nuevas y dividía al reino animal en pájaros, peces, insectos y otras categorías básicas, mucho a la manera de Aristóteles. Dentro de estas divisiones, seguía un orden alfabético de clasificación. Más ambicioso todavía era Ulises Aldrovandi (1522-1605), quien, poco antes de morir, publicó tres volúmenes en folio sobre los pájaros y los insectos. Basándose en sus notas, sus discípulos publicaron más tarde otros 11 volúmenes —y se conservan otros manuscritos suyos que no han sido editados hasta la fecha—.

El contenido de las obras de Gesner y Aldrovandi era exhaustivo. Y aunque en ocasiones se cuestionaban los relatos de monstruos, en general se ofrecía al lector cuanto ápice de información se había podido encontrar. Un reflejo de lo anterior puede observarse en las obras derivadas de Edward Topsell (1572-1625), cuya *Historie of Four-Footed Beastes* (1607) y su *Historie of Serpents* (1608) presentaba al lector de la época de Jacobo I descripciones de los animales del mundo en dos grandes volúmenes en folio. A juicio de Topsell, cierto interés por los animales era esencial para el clérigo, quien necesitaba identificar correctamente a las bestias mencionadas en la Biblia. Esa misma información era

no menos importante para el médico, porque los animales servían de alimento al hombre, por las enfermedades que causaban sus venenos y por el uso medicinal que se daba a sus órganos.

Para sus propósitos, Topsell consideraba que bastaba con seguir un simple orden alfabético. Sin embargo, introdujo subdivisiones dentro de los apartados principales. Así, por ejemplo, la mantícora monstruosa, con cabeza humana y su triple hilera de dientes, aparecía en la sección de las hienas. La mantícora sólo era uno de los muchos animales míticos incluidos. Se invocaba la autoridad de la Escritura para aceptar la existencia del unicornio, y se incluían muchos otros animales porque se hacía referencia a ellos en los textos antiguos (tales como los sátiros, la esfinge y los dragones). De estas bestias fabulosas, una de las más extrañas era la lamia (fig. III.1), cuya existencia aceptaba Topsell porque en la Biblia se hacía alusión a ella (como Lilith). Dotadas de bellos rostros de mujer y "formas muy grandes y hermosas en sus pechos", estas bestias representaban un grave peligro para los viajeros, pues, "cuando ven a un hombre, le muestran sus senos y, seduciéndolo con la hermosura de éstos, lo invitan a que se acerque a conversar, y así, cuando lo tienen a su alcance, lo matan y lo devoran".

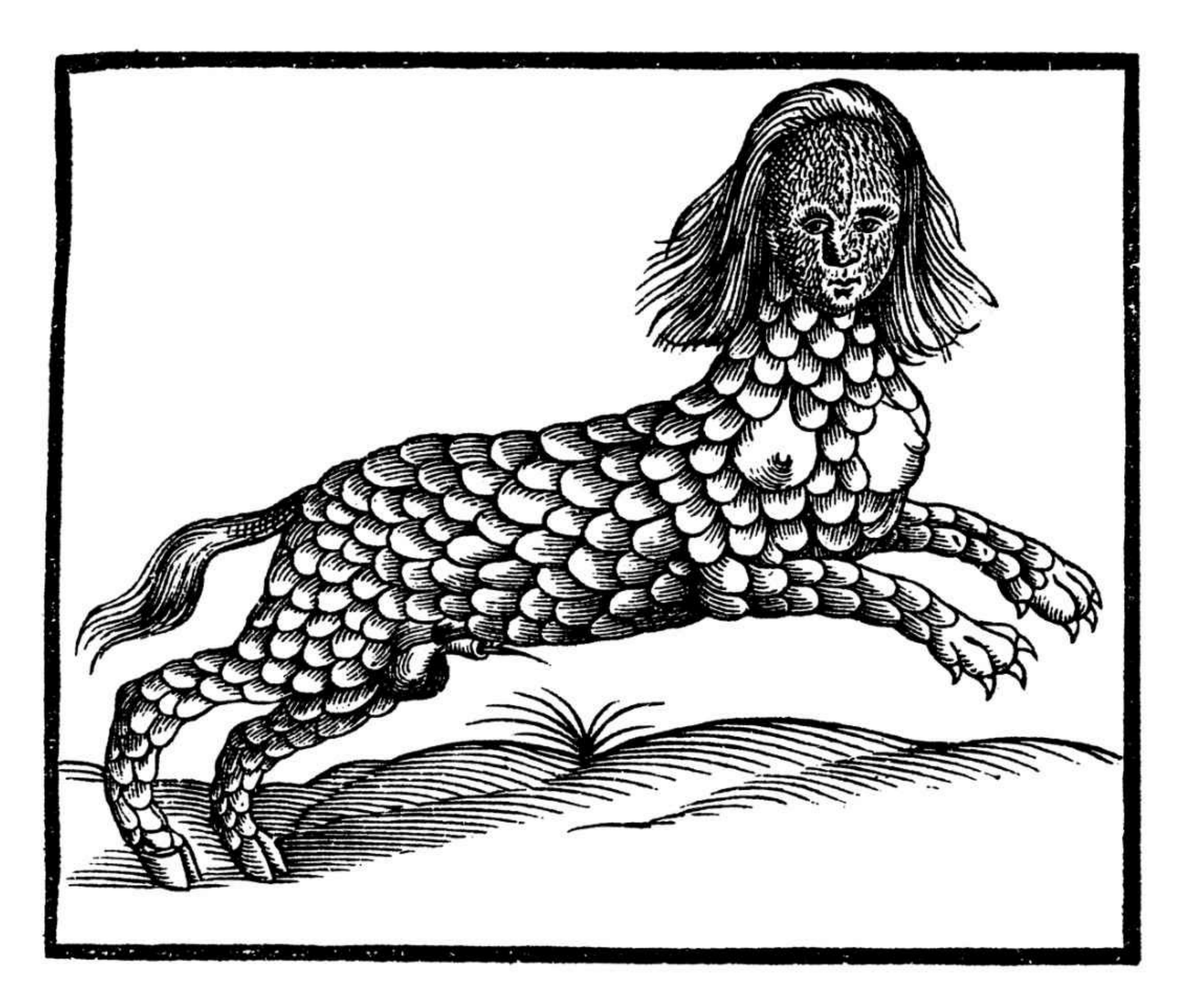


FIGURA III.1. *"La verdadera imagen de la lamia", de Edward Topsell. De* The Historie of Four-Footed Beastes *(Londres, 1607). Cortesía de la Newberry Library, Chicago.*

Topsell estaba enterado también de la existencia de animales que no habían conocido los antiguos o habían sido redescubiertos en el siglo anterior. De esta manera, incluía a varios animales de América (como el "cocodrilo terrestre del Brasil", que era realmente una iguana o algún otro lagarto) y de Oriente. Entre los animales de la India sobresalía el rinoceronte, "la segunda maravilla de la naturaleza", al cual se conocía no sólo por la autoridad de los antiguos, sino también por un espécimen que se había exhibido en Lisboa (1513-1515). Pero, si no vacilaba mucho en admitir la existencia de la lamia, la mantícora y los dragones, el rinoceronte era un animal tan extraño para Topsell, que creyó necesario asegurar a sus lectores que no se atrevería a mentirles: "No estaría dispuesto a escribir ninguna cosa falsa o incierta, fruto de mi propia imaginación; y la verdad es algo tan preciado para mí, que no mentiré para despertar en algún

hombre amor y admiración por Dios y por sus obras, pues Dios no necesita las mentiras de los hombres".

Especial interés tienen los estudios monográficos que comenzaron a aparecer a mediados del siglo XVI. Destacan entre éstos los estudios de peces, pájaros y animales marinos escritos por Pierre Belon (1517-1564) y Guillaume Rondelet (1507-1566). El primero viajó por el Cercano Oriente recogiendo información, la cual presentó en *La nature & diversité des poissons*(1551) y en sus *Portraits* (1557) de animales, serpientes, hierbas, árboles, hombres y mujeres. Belon incluía entre los *poissons* a todos los animales que vivían en o cerca del agua. Su inclusión de los cetáceos lo llevó a representar el parto de una orca con la cría unida todavía a la placenta, lo cual permitía demostrar que ese grupo pertenecía a los mamíferos (fig. III.2). Igualmente importante es el ensayo de anatomía comparada de Belon donde dibujó, uno al lado del otro, los esqueletos de un hombre y un pájaro, señalando homologías válidas entre ambos (fig. III.3). Dibujó asimismo el pico de un pájaro "acuático" originario del Nuevo Mundo (se trataba en realidad de un tucán), mas no dudó en presentar a la vez ilustraciones de serpientes voladoras del Sinaí y un pez monstruoso que tenía forma de monje y fue copiado más tarde lo mismo por Gesner que por Rondelet.

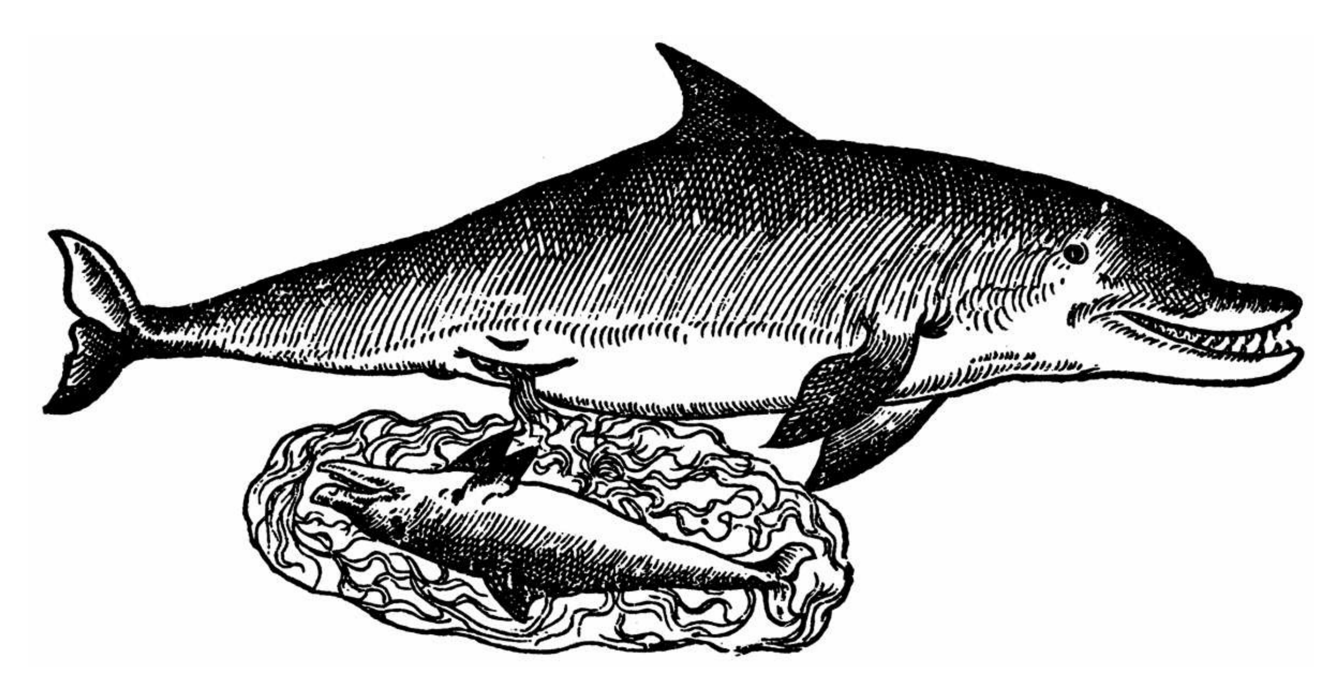


FIGURA III.2. *El nacimiento vivíparo de una orca. De Pierre Belon,* La nature & diversité des poissons *(París, 1555). Cortesía de la Newberry Library, Chicago.*

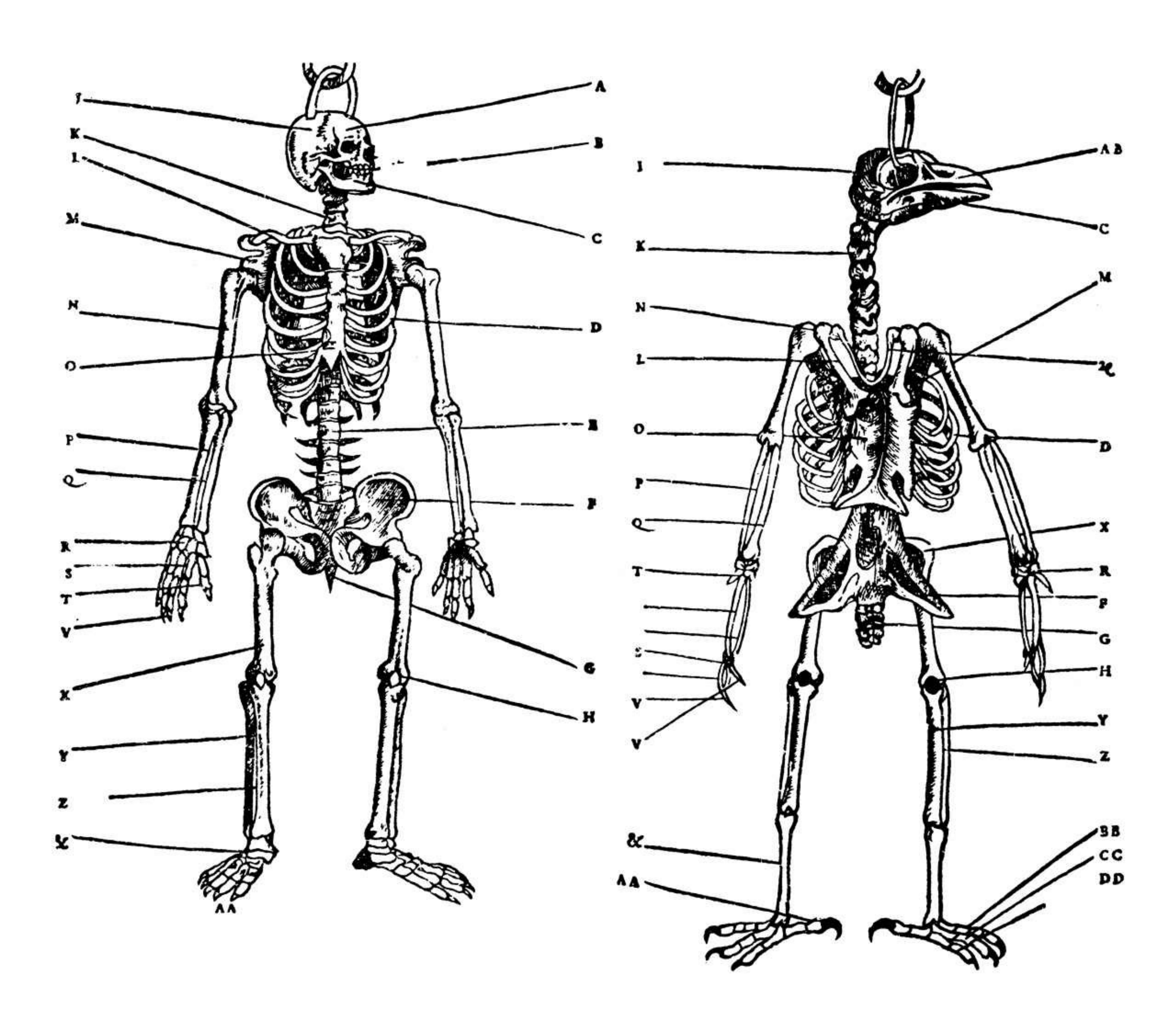


FIGURA III.3. *Comparación de los esqueletos de un hombre y un pájaro. De Pierre Belon,* Portraits d'oyseaux, animaux, Serpens, Herbes, arbres, hommes et femmes d'Arabie & Egypte *(París, 1557). Cortesía de la Newberry Library, Chicago.*

La obra de Rondelet estaba inspirada, en parte al menos, en su deseo de confirmar las observaciones de Aristóteles. Su obra contenía una minuciosa descripción de la vida marina del Mediterráneo, pero, al igual que Belon, incluía a otros animales asociados con el agua, tales como las tortugas y las focas. Tampoco veía ningún inconveniente en reproducir monstruos como el pez monje y el pez obispo, que había copiado de Gesner y Belon.

A fines del siglo XVI se publicaron o terminaron de escribir varias monografías. Gesner le había encargado un libro sobre perros a John Caius (1510-1573) y otro sobre insectos a Edward Wotton (1492-1555) y Thomas Penny (1530-1588). El primero apareció en Londres en 1570; el segundo, basado en las

notas de Wotton, Penny y otros, fue recopilado por el médico paracelsiano isabelino Thomas Moffett y publicado finalmente en 1634.

Significativas fueron también las descripciones cada vez más minuciosas de la flora y de la fauna, resultado de las exploraciones realizadas en el siglo XVI. Al concluir ese siglo, las figuras de algunos de los animales más sorprendentes eran bastante comunes en las publicaciones europeas, mas en el siglo siguiente habrían de producirse catálogos, cuidadosamente elaborados, de animales originarios de las regiones del mundo recién descubiertas. Las descripciones que hizo Willem Piso (1611-1678) de peces, pájaros, reptiles y mamíferos de América del Sur ofrecían información precisa de animales tan exóticos como el capibara, el tapir, varias especies de monos y perezosos, el jaguar y los osos hormigueros sudamericanos. Jacob Bondt (1592-1631) prestó un servicio similar respecto a las Indias Orientales. Corrigió descripciones anteriores de la piel del rinoceronte, semejante a una armadura, y afirmaba que, aunque pocos europeos habían visto a esta bestia, él había visto miles de ellas (figs. III.4 y III.5). De modo similar, hacía una descripción del tigre basada en observaciones personales y dibujó al orangután, al que se complacía en identificar con los sátiros descritos por Plinio (fig. III.6).

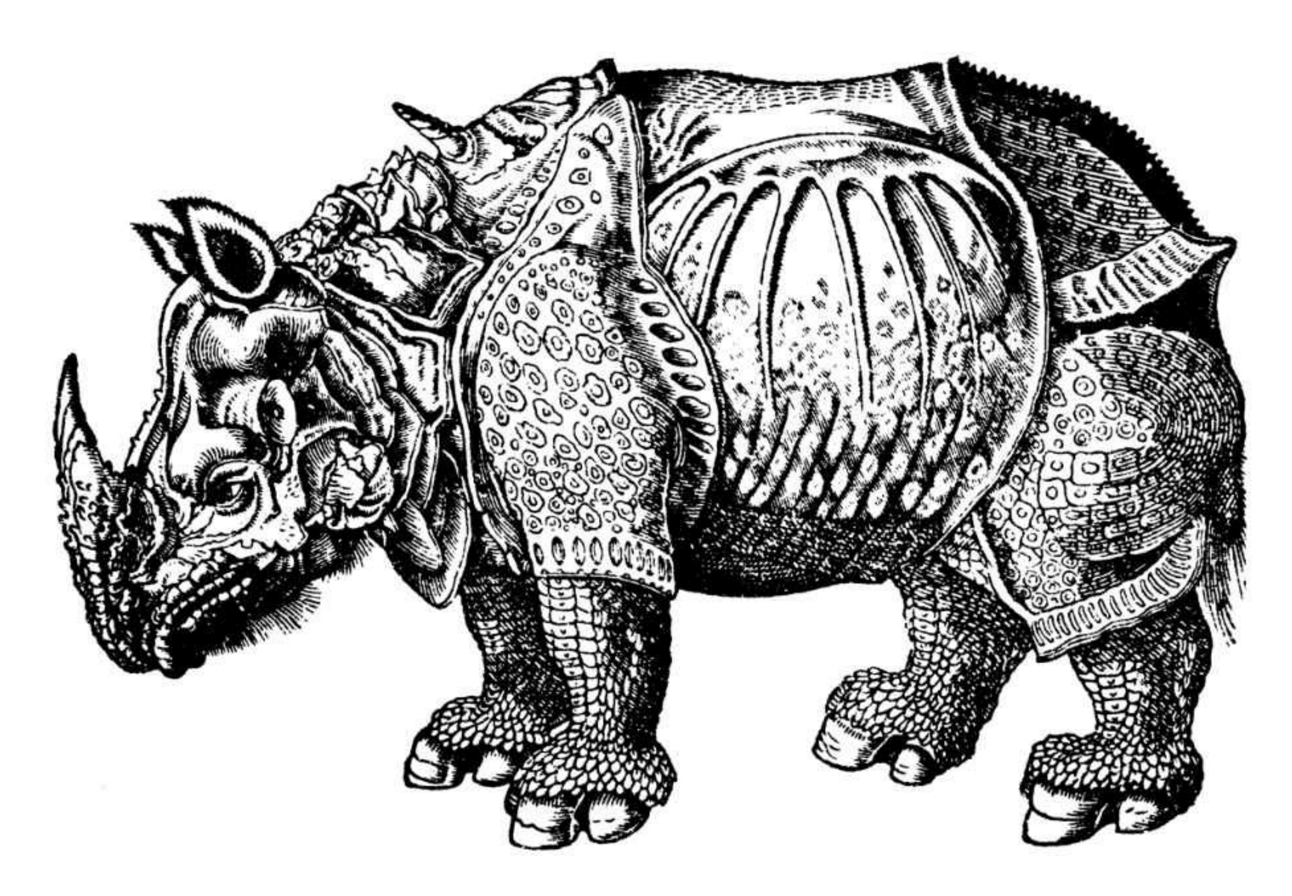


FIGURA III.4. *El rinoceronte "blindado" de la India (1515) , de Alberto Durero, fue la ilustración más conocida de ese animal por casi un siglo. De Edward Topsell,* Historie of Four-Footed Beastes *(Londres, 1607). Cortesía de la Newberry Library, Chicago.*

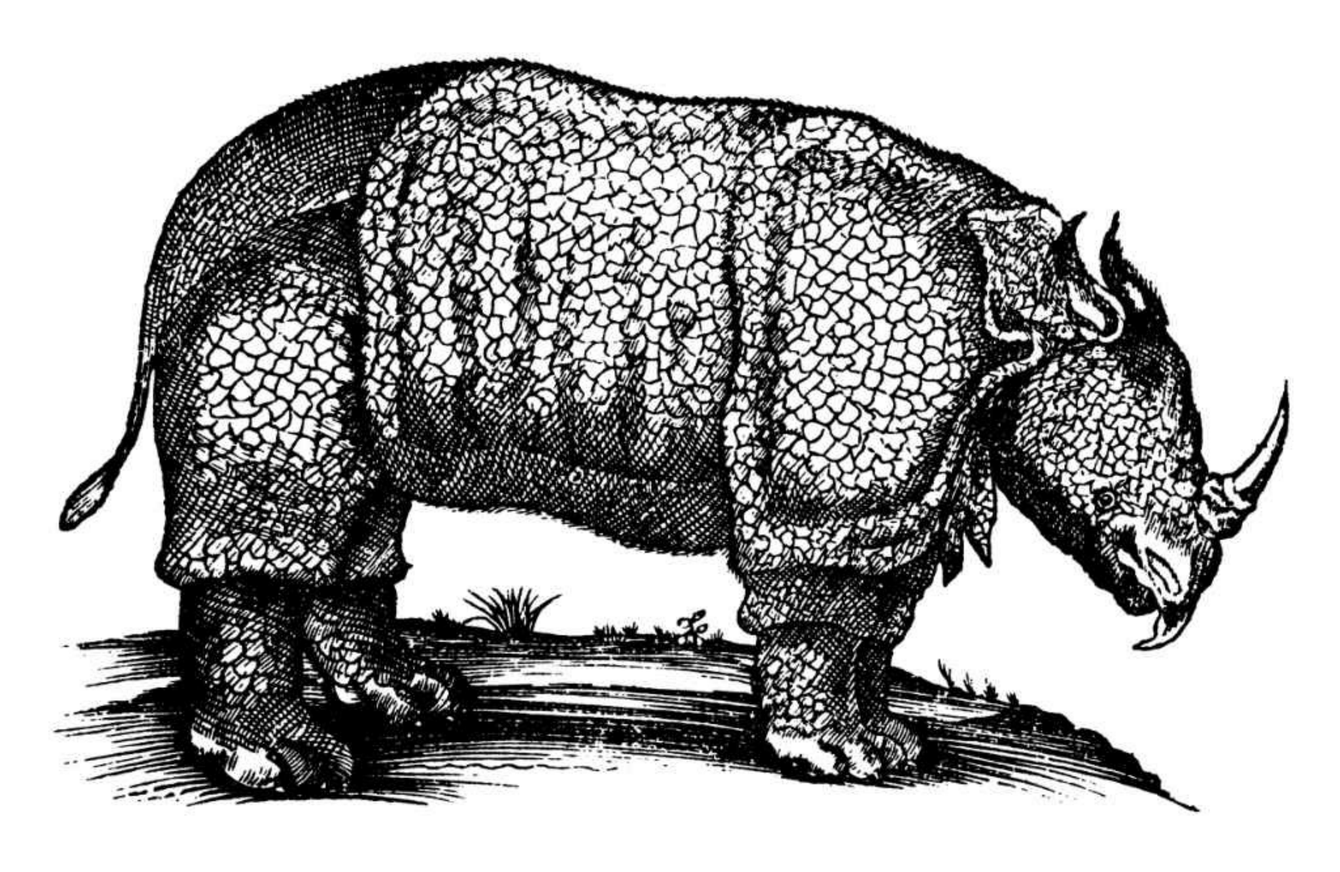


FIGURA III.5. *Un rinoceronte más realista dibujado del natural. De Jacob Bondt,* Historiae naturalis & medicae Indiae orientalis *(Ámsterdam, 1658). Cortesía de la Newberry Library, Chicago*.



FIGURA III.6. *El orangután, de Jacob Bondt. De la* Historiae naturalis & medicae Indiae orientalis *(Ámsterdam, 1658). Cortesía de la Newberry Library, Chicago.*

El conocimiento de las propiedades medicinales de las plantas tiene su origen en épocas muy remotas, pero el estudio de la botánica propiamente dicha no formaba parte importante de la filosofía natural de la Antigüedad. De los escritos botánicos de Aristóteles sólo conservamos unos cuantos fragmentos; éstos indican, sin embargo, el carácter abstracto de sus intereses. Su discípulo Teofrasto (¿380?-287 a.C.) compuso una *Historia de las plantas,* cuyas secciones más importantes trataban de la generación de las plantas. Esta obra, impresa primeramente en latín (1483) y más tarde en griego (1497), iba a ser una de las fuentes fundamentales de la tradición aristotélica en este campo.

No obstante, el interés humanístico por la obra de Teofrasto era menor ciertamente al que existía por los herbarios prácticos, donde se describían las plantas y se enumeraban sus usos medicinales. De éstos, el principal vestigio de la Antigüedad era la obra sobre *materia medica* de Pedanio Dioscórides de Anazarbeo, cirujano militar del siglo I de nuestra era. Éste describía e ilustraba unas 500 plantas, haciendo hincapié en su uso como drogas. Las ilustraciones que empleaba sólo eran originales en parte, ya que algunas de ellas pertenecen a una tradición más antigua que se remonta a Cratevas (siglo I a.C.). La excelente calidad de las ilustraciones antiguas de plantas se aprecia mejor en la copia manuscrita que, según se presume, fue hecha para Juliana Anicia (principios del siglo VI), hija del emperador Flavio Anicio (fig. III.7). Redescubierta en Constantinopla a mediados del siglo XVI y vendida al emperador del Sacro Imperio Romano, al parecer sus ilustraciones sólo tuvieron una influencia limitada en la ilustración de las plantas durante el Renacimiento, pues para entonces ya se había advertido la necesidad de obtener nuevos dibujos de especímenes vivos.

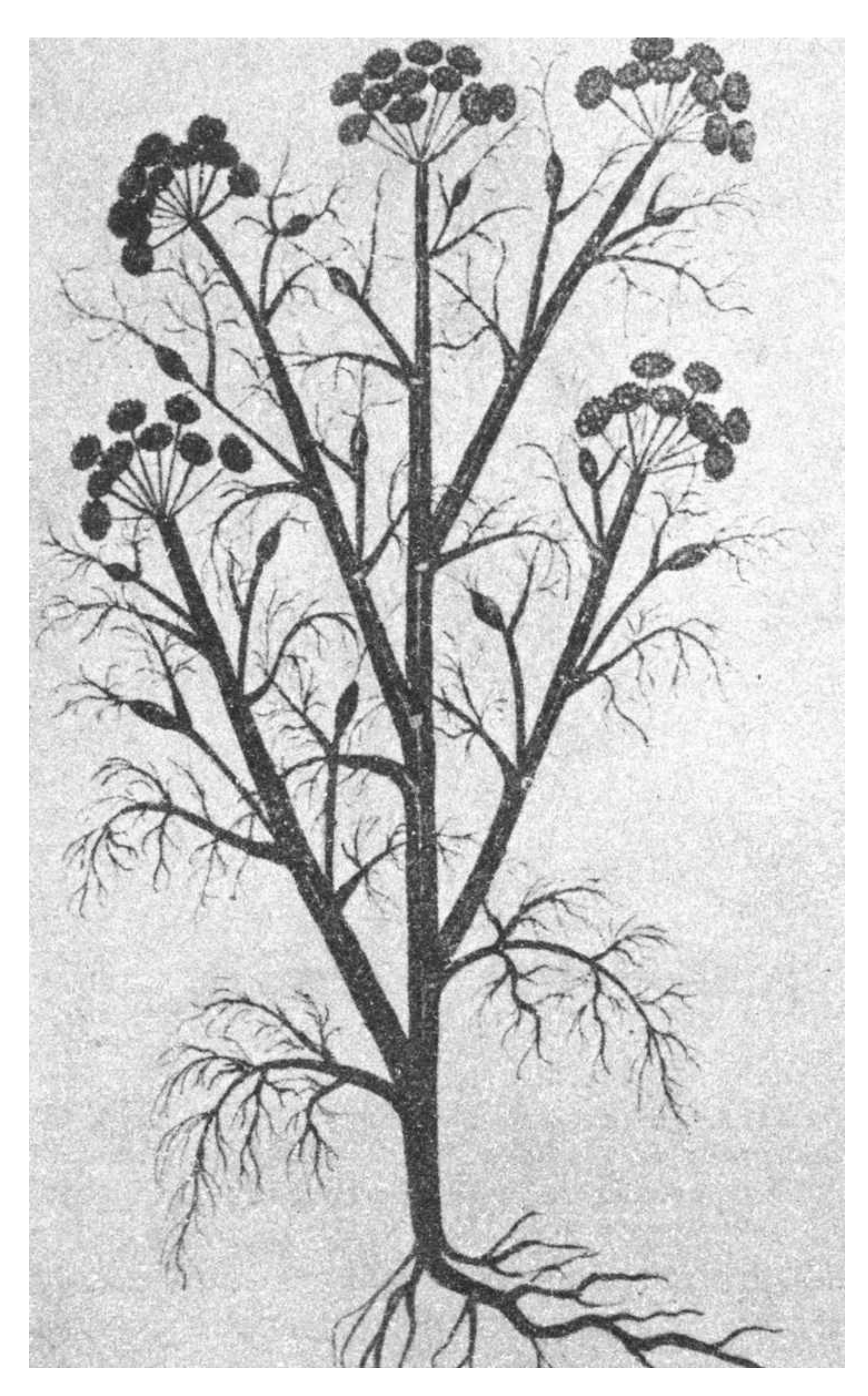


FIGURA III.7. *Un ejemplo de la ilustración de las plantas en las postrimerías de la Antigüedad. "Stratiotes", del* Codex Aniciae Julianae *(Dioscórides), hacia 500 d.C. De Agnes Arber,* Herbals. Their Origin and Evolution. A Chapter in the History of Botany 1470-1670 *(Cambridge: Cambridge University Press, 1912).*

La historia de las ilustraciones botánicas está debidamente documentada. Ha sido reconstruida desde los manuscritos del siglo VI, pasando por la decadencia artística de la Edad Media, hasta la nueva unión del artista y el botánico a principios del siglo XVI. La sólida tradición de las primeras ilustraciones nos permite seguir la influencia de ciertos dibujos a lo largo de un milenio. Y si bien los detalles se perdieron cuando innumerables generaciones de copistas confeccionaron nuevos manuscritos, podemos identificar todavía los originales de algunas de las últimas copias, pese a estar separados de éstas por cientos de años.

Ese interés persistente por las hierbas de utilidad medicinal dio origen a una producción constante de libros que versaban sobre este tema. El herbario del siglo X atribuido a Macer, examinaba alrededor de 80 plantas, y Bartolomé el Inglés, enciclopedista del siglo XIII, dedicó muchas páginas al folclor de las plantas. Estas y otras obras, combinadas con la tradición antigua y la costumbre local, dieron por resultado varios herbarios regionales publicados a fines del siglo XV. Representativo de esta literatura es el *Herbarius* alemán (1485), que está lleno de crudos y vigorosos grabados en madera de plantas acompañados de sus descripciones y una lista de sus usos medicinales (fig. III.8). No obstante, esta obra rebasa el reino de la vida vegetal. Contiene numerosos dibujos y descripciones de animales, incluyendo elefantes, lobos y ciervos. De modo similar, en ella se examinan detalladamente algunos metales y minerales de supuesto valor terapéutico (tales como el imán y el mercurio metálico).

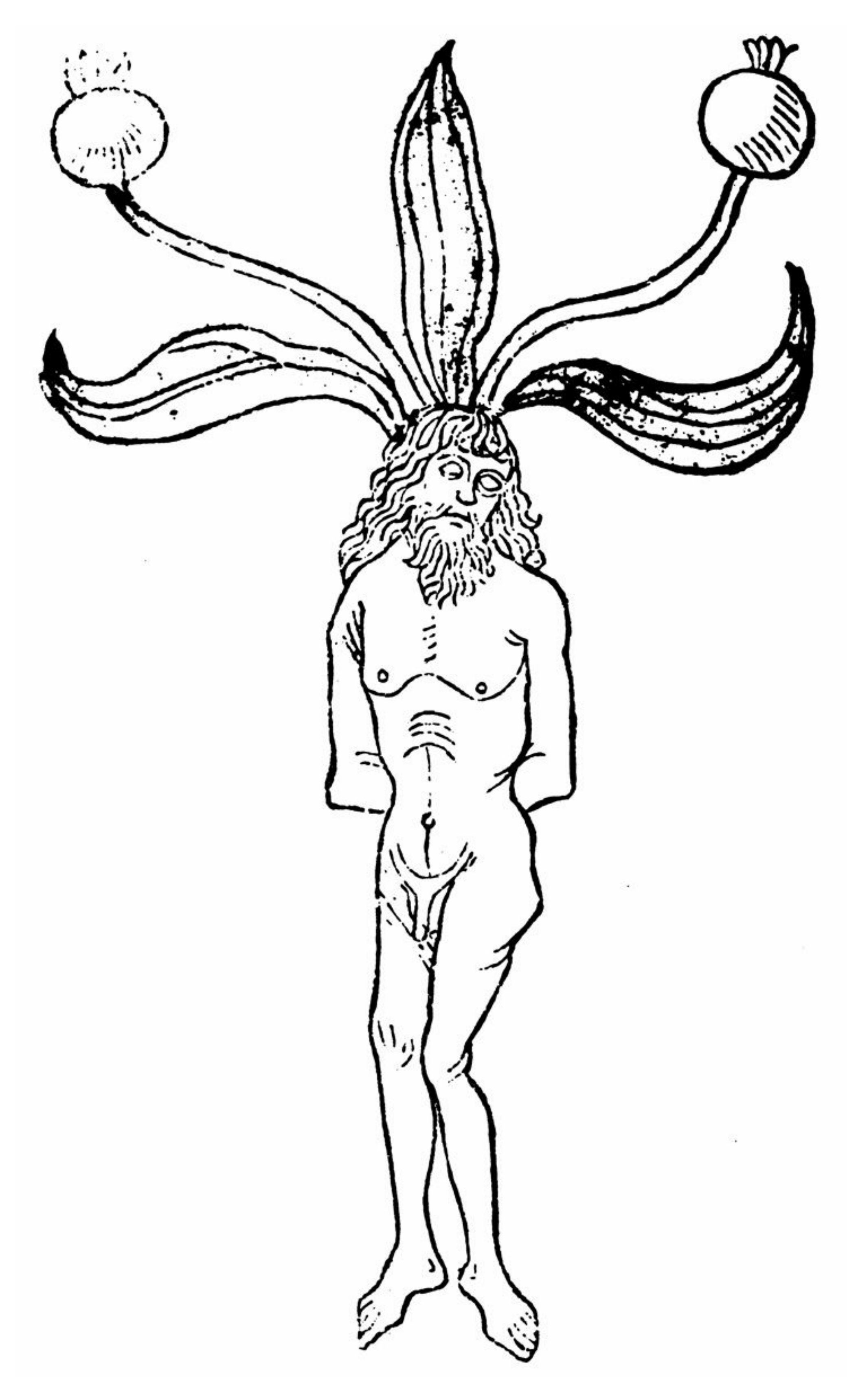


FIGURA III.8. *La mandrágora, del* Herbarius *alemán (1485). Cortesía de la Newberry Library, Chicago*.

Las primeras ediciones, profusamente ilustradas, del *Herbarius* alemán, *Le Grant Herbier* (hacia 1458) y el *Grete Herball* (1526), pueden compararse con las primeras ediciones impresas de la obra de Dioscórides. En este caso, como se trataba de un texto antiguo importante, los humanistas emplearon su acostumbrada erudición para producir un texto tan fiel como fue posible. Como era de esperarse, no pusieron el mismo empeño en identificar las plantas descritas por medio de ilustraciones. Por consiguiente, las primeras ediciones en griego del texto de Dioscórides carecen de ilustraciones y las posteriores no son mucho mejores en este sentido. En una edición tan reciente como la de 1549 se presentaba el texto en griego y en latín, en columnas paralelas, con un apéndice de 10 páginas donde se señalaban los errores encontrados en ediciones anteriores, así como variantes de lectura. Sin embargo, a pesar del valor que tenían para el clasicista, esas ediciones eran de escasa utilidad para el médico.

Otra dificultad, que sólo sería reconocida gradualmente, era que muchas de las plantas descritas por Dioscórides no existían en el norte de Europa. El progresivo interés por la identificación de los vegetales, la búsqueda de nuevas propiedades medicinales y el descubrimiento de nuevas variedades de plantas contribuyeron a la fundación de cátedras de botánica en las escuelas de medicina de Europa (la primera se fundó en Padua, en 1533). Los mismos factores influyeron para que se establecieran jardines botánicos públicos en Florencia, Bolonia, París y Montpellier al finalizar el siglo XVI.

Los nuevos estudios sobre las plantas y el creciente reconocimiento de sus propiedades activas medicinales hicieron que se diera más atención a su descripción exacta. Para mediados del siglo XVI, ni los textos fieles de los humanistas, ni los antiguos grabados medievales en madera parecían satisfactorios. Una nueva era de herbarios se inicia con los libros de Otto Brunfels (1489-1534) en 1530, Jerome Bock (1498-1554) en 1539, y Leonhard Fuchs (1501-1566) en 1542 (fig. III.9). Éstos presentaban nuevas ilustraciones de la naturaleza (fig. III.10). Aunque adolecían de algunos errores (como la insistencia de Brunfels en identificar las plantas alemanas con las descritas por Dioscórides o el uso que hacía Fuchs de un sistema alfabético de clasificación), sus ilustraciones vinieron a revolucionar el estudio de la vida vegetal. Los textos eran menos satisfactorios y muchos opinaban que no se había mejorado la obra de Dioscórides. Por lo tanto, esta obra antigua sobre *materia medica* siguió siendo el herbario más popular durante el siglo XVI. Ello se debió en gran parte a los esfuerzos de Pierre Mattioli (1501-1577), cuya edición y comentario de la obra de Dioscórides (1544) ponía al día el antiguo texto, al incluir ilustraciones precisas y nuevas plantas descubiertas en el siglo XVI. En este y en el siguiente siglo iban a imprimirse cerca de cien ediciones de los comentarios de Mattioli, por separado o acompañados del texto de Dioscórides.



FIGURA III.9. *Artistas preparando las ilustraciones para el libro de Fuchs,* De historia stirpium *(Basilea, 1542). Cortesía de la Newberry Library, Chicago*.



FIGURA III.10. *Rosa silvestre. De Leonhard Fuchs,* De historia stirpium *(Basilea, 1542). Cortesía de la Newberry Library, Chicago.*

Pero Mattioli no se limitó a convertir la obra de Dioscórides en una guía práctica para el médico botanista. Plenamente consciente del nuevo interés de los médicos por los procesos químicos, en ediciones posteriores de su obra incluyó un apéndice donde describía el equipo y los procedimientos destilatorios.

Consideraba que esta información era indispensable, pues para entonces la búsqueda de las *quintaesencias* se había extendido y se sabía comúnmente que tales métodos no se habían conocido en la Antigüedad. Ciertamente, en esto Mattioli seguía una tradición medieval que puede observarse en la obra de Arnau de Vilanova (¿1235?-1311) Juan de Rupescissa (siglo XIV) y algunos autores del siglo XV y principios del XVI como Hieronymus Brunschwig (¿1440?-1512) y Philip Ulstad (hacia 1525).

De esos libros sobre la destilación, uno de los más notables fue escrito por Conrad Gesner. Su *Thesaurus Euonymi* (1555, 1569) fue traducido rápidamente a los principales idiomas europeos. Gran parte del libro versaba sobre las técnicas para la destilación de hierbas, y Baker, su traductor inglés, aconsejaba a sus lectores "aprender la manera de aislar, por medio del arte, la sustancia pura y verdadera, tan manifiesta como oculta, la cual es en la medicina una gran ayuda para eliminar las enfermedades difíciles y rebeldes a la curación [...] [Entonces] vemos claramente ante nuestros ojos que las virtudes de las medicinas producidas mediante destilación química son más beneficiosas, mejores y más eficaces que aquellas medicinas que hoy están en uso y se acostumbran".

Tales remedios, insistía Baker, podían curar la parálisis, la epilepsia, el asma, las enfermedades del bazo, el gálico, la gota, la disentería, el mal de piedra, los cólicos y hasta la lepra. Baker, Gesner y Mattioli, inclusive, habrían estado de acuerdo en que la destilación química permitía aislar eficazmente la parte pura y activa de las hierbas medicinales.

BUENAS NUEVAS DE UN MUNDO NUEVO

Las deficiencias de los antiguos herbarios se pusieron gradualmente de manifiesto en el curso del siglo XVI debido a sus ilustraciones anticuadas, su omisión de plantas comunes en las regiones de Europa al norte de los Alpes, y su falta de información química. A esta lista debe agregarse el caudal de nueva información sobre las plantas, llevado a Europa por personas que habían viajado a las Indias Orientales y Occidentales. En sus obras hablaban de la riqueza de las tierras recién descubiertas. No sólo escribían de sus bestias extrañas, sino que describían sus riquezas minerales y su flora exótica. Uno de sus mayores tesoros era la gran variedad de hierbas que utilizaban los nativos como medicinas. Éstas ofrecían nuevas posibilidades para tratar enfermedades que en Europa se consideraban incurables. Las descripciones de estas plantas aparecieron primeramente en español y portugués, pero pronto fueron traducidas, resumidas e incorporadas a los nuevos herbarios. Hasta la obra de Dioscórides tuvo que ser actualizada con esa información. Amato Lusitano (1511-1568) aclaraba en su comentario (1553) que había buscado especímenes de plantas orientales. Y

Mattioli mostraba todavía mayor empeño en su búsqueda de nuevas y mejores descripciones de plantas asiáticas.

La principal fuente de información sobre las plantas medicinales de la India era la obra de Garcia de Orta (1501-1568). Sus *Coloquios dos simples e drogas e causas medicinaes da India,* donde describía cerca de 60 plantas, fueron publicados en Goa en 1563. Cristiano de ascendencia judía, Orta había enseñado medicina en Lisboa antes de embarcarse para Goa en 1534 con el fin de estudiar las nuevas drogas. Admitía: "Si yo estuviera en España, no me atrevería a hablar en contra de Galeno y los griegos"; pero éste era un mundo nuevo donde no debía prevalecer ya la autoridad de los antiguos. En efecto, escribía, "no intentéis espantarme con Dioscórides ni con Galeno, porque sólo voy a decir lo que sé que es cierto".[1] Su obra muestra poca paciencia para la teoría médica en general. En cambio, describe enfermedades desconocidas hasta entonces en Europa occidental (como el cólera asiático), así como las plantas que empleaban los médicos nativos. Coleccionaba y cultivaba esa clase de plantas en su propio jardín botánico, donde había áloes, alcanfor, sándalo y betel. En su libro identificaba y describía las plantas antes de señalar sus usos farmacéuticos.

Igualmente importante fue Nicolás Bautista Monardes (1493-1588), quien en su primera obra publicada había impugnado el uso de las plantas medicinales del Nuevo Mundo. No obstante, en su obra principal, *Dos libros, el uno que trata de todas las cosas que traen de nuestras Indias Occidentales* (1565; dos partes adicionales fueron publicadas en 1571 y 1574), defendía enérgicamente la *materia medica* americana. Esta obra pronto fue traducida al inglés por John Frampton (1577) con el título: *Joyfull Newes Out of the Newe Found World*.

Monardes nunca viajó fuera de España y se resistía más que su contemporáneo De Orta a desechar la antigua medicina. Con todo, se daba cuenta de que otros se habían impresionado tanto con las propiedades de esas plantas, las cuales prometían ser "un remedio para toda suerte de enfermedades y heridas", que muchos "se han apartado en gran medida de las antiguas reglas y procedimientos de la medicina [...]".

En las páginas de Monardes se encuentran numerosas plantas y animales desconocidos hasta entonces por los europeos. Se examinan minuciosamente el cacao, el sasafrás y la zarzaparrilla, y el mechoacán, el "ruibarbo de las Indias", que ahora sabemos no es sino un ligero purgante, se ofrece como remedio para una gran variedad de padecimientos. Se presenta la madera de guayaco como el auténtico remedio que utilizaban los indios contra las enfermedades venéreas y se describe detalladamente al tabaco como una medicina, junto con numerosos ungüentos y mixturas derivados (fig. III.11). No obstante, Monardes observa que los indios "inhalan el humo del tabaco para embriagarse y ver las visiones y las cosas que se les aparecen y en las cuales hallan deleite".

Las obras de Orta y Monardes fueron popularizadas ampliamente en toda Europa por Charles de l'Ecluse (1526-1609), quien las resumió y tradujo al latín.

Las traducciones a otros idiomas se sucedieron rápidamente. Ya hemos mencionado la traducción al inglés de John Frampton; el paracelsista francés Jacques Gohory (1520-1576) fue uno de los primeros que ponderaron las grandes propiedades curativas que Monardes atribuía al mechoacán.



FIGURA III.11. *La planta del tabaco. De Nicolás Monardes,* Joyfull Newes Out of the Newe Found World, *traducción de John Frampton (Londres, 1577). Cortesía de la Newberry Library, Chicago.*

Existía además una afluencia constante de nueva información. Juan Fragoso (siglo XVI) describía las sustancias aromáticas y los árboles frutales de la India en un libro impreso en 1572. El *Tractado de las drogas y medicinas de las Indias Orientales* (1578), de Christavão da Costa (¿1540?-1599), se derivaba en parte del texto anterior de Orta, pero contenía mucho material nuevo, así como ilustraciones que él mismo había realizado. Similar importancia tenía *De medicina Indorum* (1642), de Jacob Bondt, en el que se describían las plantas y las enfermedades de las Indias Orientales con una minuciosidad inusitada. La obra de Bondt tuvo gran difusión, no sólo en virtud de sus propios méritos, sino porque a mediados del siglo XVII fue publicada conjuntamente en varias ediciones con un libro de Prospero Alpini (1553-1617) sobre medicina egipcia (1591). En *De plantis Aegypti* (1592), otro de sus libros, Alpini describía 57 plantas egipcias. Y en cuanto a Norteamérica, *A Briefe and True Report of the New Found Land of Virginia* (1588), de Thomas Harriot (1560-1621), ofrecía al lector algunos grabados extraordinarios, pero no presentaba una información tan detallada como la recogida por los exploradores, naturalistas y médicos españoles, holandeses y portugueses.

OBSERVACIÓN Y ORDEN

Los herbarios se contaban indudablemente entre los libros más populares que se imprimieron en los siglos XVI y XVII. No necesitamos examinarlos con mucho detenimiento para convencernos del rápido avance del conocimiento en ese campo. Basándose en la obra de Dioscórides (donde se describían aproximadamente 500 plantas) y en la tradición medieval (en el texto de Macer se referían 80 plantas), los botánicos renacentistas descubrieron rápidamente miles de plantas que hasta entonces no se conocían o no habían sido descritas adecuadamente. Era necesario ilustrarlas, redactar descripciones precisas y, sobre todo, recoger información respecto a sus propiedades medicinales. Mattioli y otros transformaron radicalmente la obra de Dioscórides para que este antiguo texto siguiera siendo útil en una nueva era. Mas ello no satisfizo a muchos y se ofreció al público un verdadero diluvio de nuevos herbarios. Éstos son tantos que en vano intentaríamos enumerarlos a todos, pero merecen mencionarse el herbario (1551-1568) de William Turner (¿1510?-1568), que abundaba en nuevas observaciones y cuidadosas descripciones (particularmente de plantas inglesas); *Pemptades* (1583), de Rembert Dodoens (1517-1585), con cerca de 900 ilustraciones; y los numerosos libros sobre plantas de Mathias Lobelius (1538-1616). El *Herball* (1597) de John Gerard (1545-1612) aún se considera interesante en Inglaterra por su minuciosa descripción de las plantas de jardín inglesas, así como del tomate y la patata “virginiana”, pero se basaba en gran parte en la traducción que Henry Lyte (¿1529?-1607) había hecho en 1578 del

libro de Dodoens. La obra de Gerard sirvió a su vez de base a la más extensa de John Parkinson, *Paradisus* (1629). En toda esta actividad se acostumbraba copiar ilustraciones y descripciones de cuanta obra se tuviese a mano.

Las obras más amplias de este género fueron compuestas por los hermanos Bauhin. La *Histoire universelle des plantes* (publicada póstumamente en 1651), de Jean Bauhin (1541-1613), describía 5 000 plantas e incluía 3 500 ilustraciones. Su hermano Gaspard (1560-1624) era todavía más industrioso, y su famoso *Pinax* (1623), que contenía información relativa a 6 000 plantas y, según se aseguraba, 600 descripciones originales, habría de ser una de las fuentes fundamentales para los botánicos durante los dos siglos siguientes.

Ese cúmulo de nueva información iba a plantear un problema de organización que difícilmente habrían soñado los botánicos de la Edad Media o de principios del siglo XVI. Ellos se habían preocupado primordialmente por satisfacer la necesidad de señalar las propiedades medicinales de las plantas. Por ese tiempo eran pocos los autores a quienes inquietaba el problema de la clasificación. Para muchos bastaba con seguir un orden alfabético y éste parecía satisfactorio todavía a Leonhard Fuchs (1542) y William Turner (1568). John Parkinson (1629) dividió a los vegetales en plantas "de aroma dulce"; purgantes; venenosas, somníferas, nocivas y sus antídotos respectivos; hierbas para curar heridas; refrescantes; picantes y de sabor acre; cardos, y así por el estilo hasta sumar un total de 17 categorías. No sabiendo qué hacer con algunas plantas que no parecían encajar en ninguna parte, agregó otra categoría, a la que denominó *la tribu sin orden*.

Pero si el orden alfabético tradicional aún satisfacía a Fuchs, no ocurría lo mismo con su contemporáneo Jerome Bock (1539). Siguiendo la tradición aristotélica, dividió su material en hierbas, arbustos y árboles, pero observaba: "He colocado juntas, pero sin confundirlas, todas aquellas plantas que están emparentadas y relacionadas entre sí o, en todo caso, que se asemejan y pueden compararse, y he desechado el antiguo *método* o disposición basado en el alfabeto que se observa en los antiguos herbarios. Pues la colocación por orden alfabético ocasiona mucha disparidad y error".

El botánico bohemio Adam Zaluziansky von Zaluzian (1558-1613) prescindió de los antiguos sistemas para ordenar su *Methodi herbariae* (1592) de un modo novedoso, partiendo de las formas más simples de la vida vegetal para pasar a las más complejas. Su obra tiene un interés adicional, pues sostenía que se debía separar a la botánica de la medicina:

> Se acostumbra relacionar la medicina con la botánica. Sin embargo, el tratamiento científico exige que las consideremos por separado. Pues es un hecho que en todo arte la teoría debe estar desligada y separada de la práctica, y ambas deben tratarse singular e individualmente en su propio orden antes de unírseles. Y por esta razón, con objeto de que la botánica (que es, por así decirlo, una rama especial de la medicina) pueda formar una unidad en sí misma antes de que se le relacione con otras ciencias, se le debe disociar y emancipar de la medicina.[2]

Tal declaración difícilmente se habría hecho un siglo antes.

Los problemas de la clasificación preocuparon a muchos botánicos y zoólogos de los siglos XVI y XVII, y se expusieron varios sistemas. De Lobel propuso la forma de las hojas como un criterio de clasificación; su sugerencia fue rechazada por Fabio Colonna (1567-1650), quien argumentó que otras partes de la planta —como la flor, el receptáculo y la semilla— eran esenciales para cualquier sistema semejante. Andrea Cesalpino (1519-1603), intentando restablecer la autoridad de Aristóteles en el estudio de la filosofía natural, escribió su *De plantis* (1583), donde propugnaba por un sistema basado en las flores y los frutos.

Gaspard Bauhin, influido en parte por la clasificación de Cesalpino, utilizó un sistema binario de nomenclatura para ordenar las plantas. Basándose en sus características comunes, dividió el *Pinax* en 12 libros, y a éstos, a su vez, los subdividió en secciones. Los primeros correspondían, aproximadamente, a nuestros *genera;* las últimas, a las *species*. Las plantas se incluían en las distintas secciones de acuerdo con sus propiedades comunes. Bauhin acertó en algunos casos —como cuando reunió un grupo de plantas que compartían propiedades (químicas) narcóticas—, pero en otros no fue tan afortunado —como cuando formó un extraño grupo de plantas que tenían poco en común, salvo que todas ellas producían especias útiles—. Al igual que Zaluziansky, avanzaba de las formas más simples de la vida vegetal (hierbas) a las más complejas (árboles).

La obra de Bauhin fue continuada por Joachim Jung (1587-1657) y John Ray (1627-1705). El último ordenó las plantas y los animales en grupos sistemáticos —vestigios de los cuales subsisten en la clasificación actual—. Por tanto, si bien la obra de Karl von Linneo (1707-1778) es considerada actualmente como el fundamento de la clasificación moderna tanto de las plantas como de los animales, los problemas que presentaba ese gran cúmulo de tipos conocidos habían dado por resultado más de un siglo de intentos de sistematización, base sobre la cual fundó su propia obra.

Tal vez en ninguna esfera de la ciencia son más evidentes los cambios de los siglos XVI y XVII que en la botánica y la zoología. Cuando examinamos los primeros libros impresos, nos encontramos primeramente con los herbarios del siglo XV, que reflejan todavía el mundo medieval con sus crudos grabados en madera que reproducían plantas, animales y el folclor. La influencia del humanismo renacentista se advierte en las *Castigationes* que infligió Barbaro a Plinio, en los esfuerzos por modernizar a Dioscórides y en la esmerada crítica de los textos. Mas, pese al empeño de los eruditos humanistas, ni el médico ni el botánico pudieron beneficiarse de tales estudios hasta que no mejoraron las ilustraciones y descripciones de las plantas. Ésa fue la contribución de los padres alemanes de la botánica: Brunfels, Bock, Fuchs y sus seguidores de fines del siglo XVI. La mayor precisión iba acompañada de un enorme incremento del número de plantas conocidas. Este desarrollo se debió, por una parte, al nuevo

interés por las plantas europeas y, por otra, a la fascinación que ejercían la flora y la fauna de las regiones del mundo recién descubiertas. Las 500 plantas descritas originalmente en la obra de Dioscórides habían aumentado en 1623 a 6 000 en el *Pinax* de Bauhin. Y si la organización de unos cuantos centenares de plantas parecía un problema de poca importancia a los primeros botánicos, al finalizar el siglo siguiente surgieron controversias en torno de su clasificación —controversias que sólo habrían de resolverse hasta bien entrado el siglo XVIII—.

El conocimiento del reino animal avanzó paralelamente al del reino vegetal. En el curso de los siglos XVI y XVII la información dispersa en los herbarios medievales, los relatos de Plinio y los antiguos herbarios dieron paso a los estudios enciclopédicos de animales debido a Gesner y Aldrovandi. Esos esfuerzos fueron complementados con monografías de pájaros, peces, insectos y otros animales realizadas por autores que observaban la naturaleza y trataban de divorciarse de las enseñanzas de la Antigüedad. En este caso, como en el de las plantas, el entusiasmo por las nuevas formas de vida fue estimulado grandemente por los viajes que efectuaron los europeos a América y Asia (particularmente las "Indias Orientales") .

Pero si en esos siglos cruciales presenciamos una verdadera explosión del conocimiento sin precedente, sería erróneo interpretarla simplemente como un triunfo de la ciencia moderna. La obra de Edward Topsell revela una arraigada creencia en las bestias míticas, mientras que en las obras de Gesner, Belon y Rondelet aparecen formas monstruosas al lado de especies vivas. Tal vez nada refleja mejor ese periodo que la obra de Bondt, quien creyó encontrar en el orangután una prueba de la existencia de los sátiros de la Antigüedad. En efecto, la búsqueda de monstruos de toda especie es manifiesta aun en las páginas de los primeros números de las *Transactions* de la Real Sociedad de Londres a fines del siglo XVII.

Es posible que en la tradición de los herbarios hayamos visto una continuación de la antigua doctrina de las signaturas. Según esta doctrina, la correspondencia del nombre o la forma de una planta con los de un órgano humano indicaba el uso medicinal apropiado de tal planta. En ese terreno los paracelsistas intentaron implantar una reforma, pero en lugar de negar en principio la doctrina, introdujeron los métodos químicos. La identificación correcta de un "signo", alegaban, sólo era posible mediante la destilación, por la cual se separaba la esencia pura de la planta de su impura sustancia exterior. Fuera de ello, es evidente que la relación de la astrología con el conocimiento de las plantas no estaba ciertamente en decadencia en el periodo a que nos hemos referido.

Se puede observar un avance similar del conocimiento en el estudio del cuerpo humano que se llevó a cabo en el Renacimiento, tema del siguiente capítulo. Pero, como veremos, también en ese campo encontramos una relación entre el misticismo y la técnica rigurosa basada en la observación.

IV. EL ESTUDIO DEL HOMBRE

LA NUEVA comprensión del cuerpo humano a que se llegó en el Renacimiento fue el resultado de estudios anatómicos realizados con una intensidad que probablemente no tiene paralelo en ninguna época anterior. Al respecto, conviene examinar una serie de profesores de Padua y sus discípulos: Andreas Vesalio, Realdo Columbo (¿1510?-1559), Gabriele Falloppio (¿1533?-1562), Hieronymus Fabricius de Acquapendente (¿1533?-1619) y William Harvey. No obstante, en el periodo intermedio entre la publicación del *De fabrica* (1543) de Vesalio y el *De motu cordis* (1628) de Harvey se dieron también las aportaciones de otros cuya obra no siempre se ajusta tanto como la de los primeros a las pautas de la ciencia moderna. Así, por ejemplo, Miguel Servet (¿1511?-1553) describió la circulación pulmonar de la sangre en un tratado teológico (1553) y, como veremos más adelante, en su obra reaparecen la analogía y la correlación entre el macrocosmos y el microcosmos, como un estímulo tanto de la investigación como de la especulación. Tal vez nada revela mejor la complejidad de las corrientes intelectuales de principios del siglo XVII como el hecho de que la mayor parte de las figuras destacadas de esta historia profesaban abiertamente su fidelidad a Aristóteles y Galeno, mientras que el médico-alquimista inglés Robert Fludd fue el primero que defendió en un libro (1629) la teoría de Harvey sobre la circulación de la sangre, movido por las que él consideraba sus profundas connotaciones místicas.

LA HERENCIA MEDIEVAL

Como en los demás campos de la ciencia, la anatomía y la fisiología del Renacimiento se basaron inicialmente en textos y conceptos que subsistían de épocas anteriores. En parte, ello implicaba una aceptación de la analogía macrocosmos-microcosmos, tal como la había entendido Aristóteles, y entrañaba asimismo una concepción vitalista de la naturaleza, la cual sería objeto de los ataques de los mecanicistas del siglo XVII.

Pero, además de la pervivencia de antiguos conceptos filosóficos, existía un imponente cuerpo de información anatómica y fisiológica que había sido heredada de la Antigüedad. Alcmeón de Crotona (hacia el año 500 a.C.) y

Aristóteles (384-322 a.C.) se habían interesado en la descripción de las partes del cuerpo del hombre y los animales, y, en Alejandría, Herófilo y Erasístrato (hacia 280 a.C.) habían presidido una próspera escuela de anatomía. Se decía que para llevar a cabo sus observaciones habían practicado la vivisección de criminales que les habían suministrado los Ptolomeos; pero, sea cierto o no lo anterior, todo parece indicar que, en efecto, los anatomistas alejandrinos disecaron cadáveres humanos. Los resultados habrían de verse en sus detalladas descripciones anatómicas de las partes del cuerpo humano y su comparación con partes análogas de animales. Además, sus investigaciones fisiológicas iban a ser tema de discusión por casi 2 000 años.

Pero, si bien los estudios anatómicos alejandrinos se siguen considerando actualmente como uno de los puntos culminantes de la ciencia antigua, sus textos íntegros se perdieron en siglos sucesivos debido a la influencia arrolladora de Galeno. Originalmente cirujano de los gladiadores de Pérgamo, su ciudad natal, Galeno viajó por todo el imperio y escribió sobre todos los aspectos de la filosofía y la medicina. Sería su obra, y no la de sus predecesores, la que habría de ser recopilada y compendiada por los autores médicos de las postrimerías de la Antigüedad y el islam. Y en contra de la influencia continuada de su obra reaccionaron Paracelso y sus seguidores en el siglo XVI. En vano intentaríamos resumir los extensos escritos de Galeno; sin embargo, creemos necesario señalar ciertos puntos de su doctrina que impugnaron particularmente los anatomistas del siglo XVI.

Los trabajos anatómicos y fisiológicos de Galeno eran voluminosos y minuciosos. Su obra tiene singular importancia por su examen de la médula espinal, el mecanismo de la respiración y el sistema cardiovascular. Pero sus conclusiones estaban basadas sólo hasta cierto punto en la disección del cuerpo humano. Él había recurrido principalmente a animales fáciles de conseguir: ovejas, bueyes, cerdos, perros y, especialmente, macacos. Por tanto, no debe sorprendernos que haya incurrido en notables errores. Así, como parte de la anatomía del cuerpo humano, describía un hígado de cinco lóbulos (basándose en la disección de un perro) y la *rete mirabile* (un complejo sistema de vasos sanguíneos que no existe en el hombre). Estos y otros errores habrían de formar parte de la enseñanza de la anatomía hasta el siglo XVI.

Especial significación tiene la descripción que hace Galeno del sistema cardiovascular (fig. IV.1). En este caso, el descubrimiento de errores fundamentales en sus textos durante el Renacimiento condujo a un concepto radicalmente novedoso del torrente sanguíneo. Según Galeno, la sangre se originaba en el hígado y de allí era conducida por las venas a todas las partes del cuerpo. Rica en espíritus naturales, la sangre venosa cumplía la función de nutrir los tejidos del cuerpo y eliminar a la vez las sustancias de desecho. Esa sangre viciada llegaba finalmente al ventrículo derecho del corazón. La mayor parte de ella era enviada primeramente a los pulmones y después al hígado, luego de que

había sido depurada de las impurezas acumuladas. No obstante, Galeno postulaba la existencia de poros que comunicaban los ventrículos derecho e izquierdo del corazón y a través de los cuales una parte muy pequeña de la sangre venosa pasaba a la cavidad izquierda. Allí se combinaba con aire, proveniente de los pulmones, para formar los espíritus vitales necesarios para la vida y éstos eran distribuidos después por las arterias. Una transformación final tenía lugar en el cerebro, donde los espíritus animales eran preparados y encauzados por medio de los nervios. La clave de este sistema residía en los poros interventriculares, orificios que no existían. Una vez que se descubrió lo anterior fue preciso revisar todo el sistema.

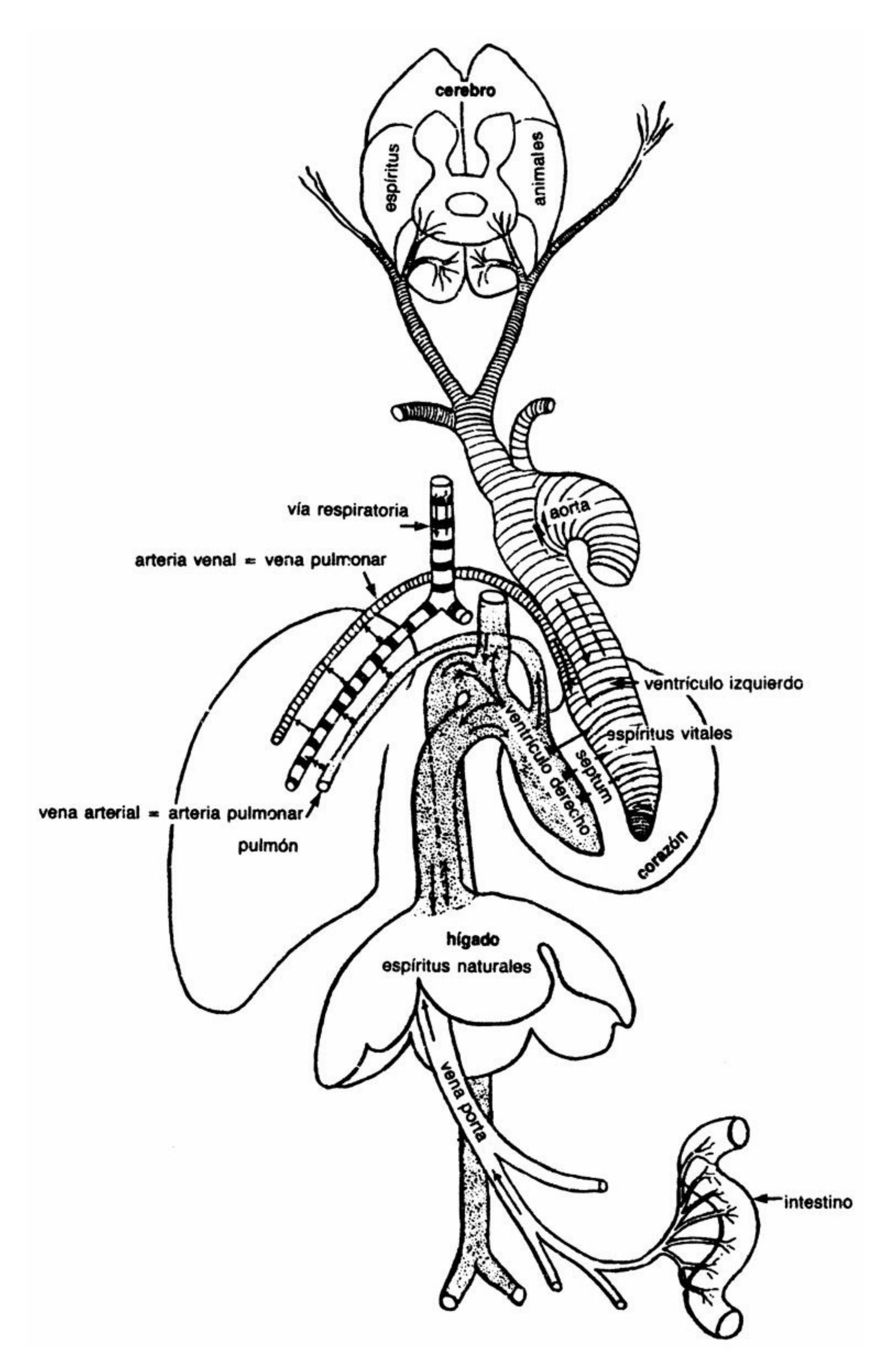


FIGURA IV.1. *Diagrama del sistema fisiológico de Galeno. De Charles Singer,* The Discovery of the Circulation of the Blood *(Londres, Wm. Dawson and Sons, Ltd., 1956). Cortesía de A. W. Singer.*

No obstante, la revisión de la fisiología galénica iba a tardar más de un milenio. Ello se debió en parte al hecho de que Galeno había sido la última figura prominente de la anatomía y la fisiología griegas. Mas, también, al hecho de que los médicos posteriores de la Antigüedad se aplicaron menos a realizar nuevas

investigaciones que a compendiar y codificar los escritos de Galeno. Y si más tarde la medicina musulmana iba a estar influida profundamente por Galeno, el énfasis puesto en los textos árabes recaería más en las causas y la curación de las enfermedades que en la anatomía y la fisiología. El mundo de la cultura occidental habría de reflejar los textos orientales a partir de sus traducciones hechas en el siglo XIII y, dado el carácter de los intereses islámicos, los eruditos occidentales de la Edad Media conocieron relativamente poco las obras anatómicas de Galeno. Los médicos del siglo XIII sólo disponían de una versión abreviada de *Sobre el uso de las partes*.

En contraste con el número limitado de textos anatómicos disponibles, los primeros pasos dados para restablecer las disecciones públicas constituían un buen presagio del futuro. Durante el siglo XII se volvió a disecar animales en Salerno, y a principios del siglo XIV Bolonia se convirtió en el centro de los estudios anatómicos. Allí el estímulo provino no de la facultad de medicina, sino de la escuela de derecho, cuyos miembros vieron la necesidad de practicar autopsias. El texto anatómico escrito en esa ciudad por Mondino de Luzzi (¿1275?-1326) en el año 1316 sería la pauta a la que habrían de ajustarse las disecciones públicas hasta bien entrado el siglo XVI (fig. IV.2). En ese libro, Mondino describía primeramente los órganos de la cavidad abdominal y luego, procediendo siempre de dentro hacia afuera, proseguía en dirección de la cabeza y las extremidades. Este orden daba prioridad a aquellas partes del cuerpo que más tendían a descomponerse, un aspecto de suma importancia en una época en la cual se carecía de preservativos adecuados.

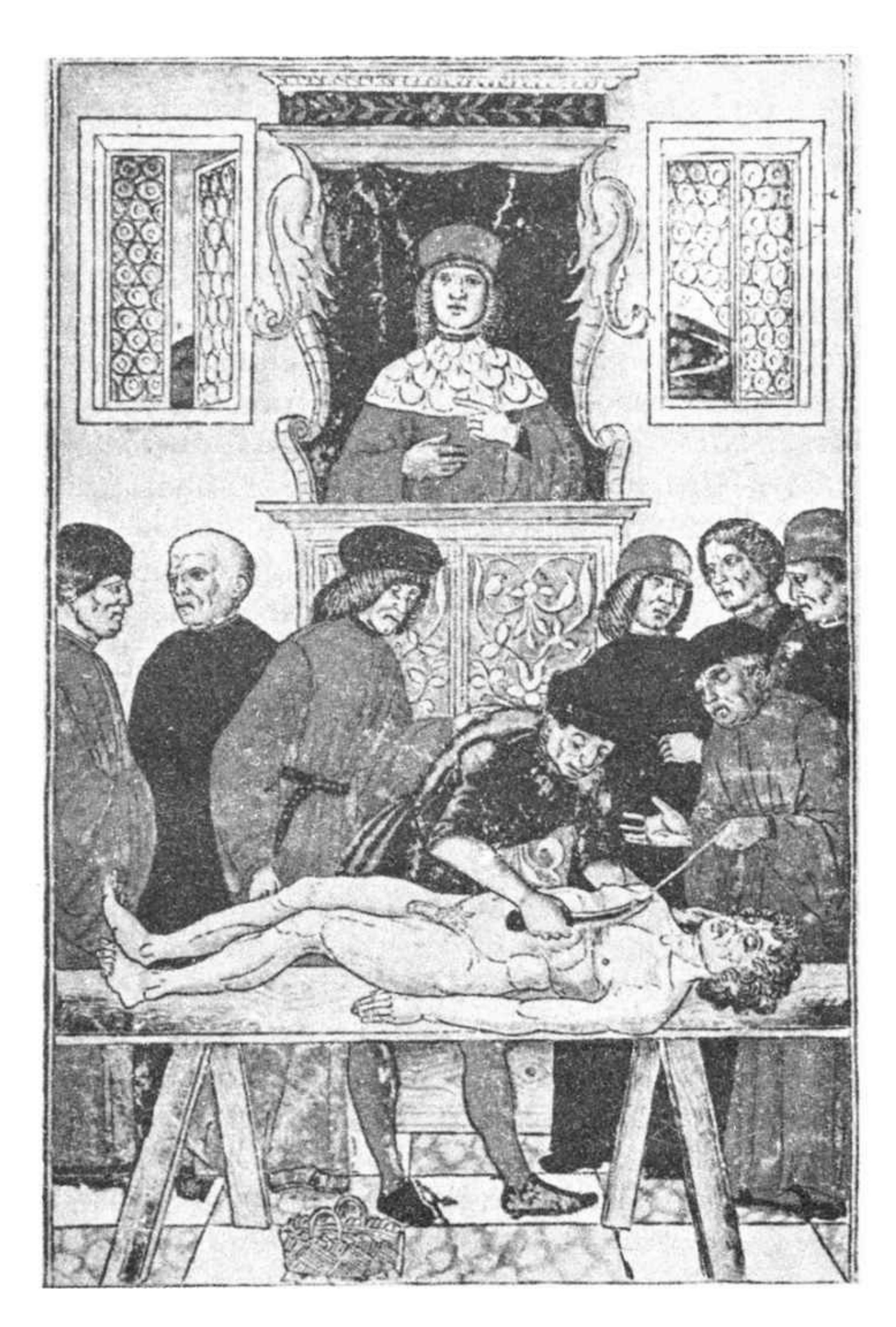


FIGURA IV.2. *Una escena de anatomía medieval. El médico-profesor expone el texto —muy probablemente el de Mondino— mientras el barbero-cirujano diseca el cadáver. Del* Fasciculo de Medicina *(1493), reproducido en* Medical World News *(12 de enero de 1976).*

Las escuelas de medicina medievales no tardaron en reconocer el alcance de tales demostraciones, y pronto se obligó a los estudiantes de medicina a asistir a un número determinado de anatomías públicas. Hacia 1400 la anatomía pública formaba parte regular del programa de estudios en la mayoría de las universidades. Con todo, debe aclararse que esas demostraciones tenían el

propósito de familiarizar a los estudiantes con las partes del cuerpo humano y no pretendían ser nuevas investigaciones.

UN RENACIMIENTO ANATÓMICO

La persistencia de la tradición influía para que el texto anatómico de Mondino se siguiera publicando a fines del siglo XV, pero los médicos humanistas de ese periodo mostraban mayor interés por los textos de la Antigüedad. Pronto se supo que las obras anatómicas más importantes de Galeno no habían estado al alcance de los eruditos, y se hicieron decididos esfuerzos para prepararlas con objeto de publicarlas, tanto en griego como en latín. Para 1500 habían aparecido varias traducciones al latín de *Sobre el uso de las partes* de Galeno, y el médico humanista inglés Thomas Linacre, fundador del Colegio de Médicos de Londres (1518), soñó con publicar una edición en griego de las obras completas de Galeno. De hecho, él fue responsable de la edición de una serie de obras individuales de medicina, entre ellas *Sobre las facultades naturales* de Galeno (1523). Más industrioso aún fue Johannes Guinter de Andernach, profesor de medicina de París, quien dedicó muchos de sus primeros años de actividad profesional a la preparación de textos médicos griegos. No sólo tradujo la mayor parte de la obra de Galeno, sino que preparó ediciones de otros médicos de la Antigüedad tardía: Pablo de Egina (fines del siglo VII), Caelius Aurelianus (siglo VII), Oribasio (¿325?-¿400?) y Alejandro de Tralles (siglo VI). Escribió asimismo libros sobre la peste, los manantiales de aguas medicinales y obstetricia —y, en su vejez, una defensa de los medicamentos químicos de los paracelsistas—.

Es verdaderamente significativo el hecho de que Guinter acababa de terminar su traducción de *Sobre los procedimientos anatómicos* de Galeno (1531) cuando un nuevo alumno, Andreas Vesalio, iniciaba sus estudios de medicina en París. Reconociendo el talento de ese joven, Guinter lo empleó como su asistente en la preparación de su propio texto, las *Instituciones anatómicas según la opinión de Galeno para los estudiantes de medicina* (1536). Si bien más tarde Vesalio habría de expresar sus dudas respecto a la pericia de su maestro, subsiste el hecho de que de él recibió la preparación más avanzada que por ese entonces se podía adquirir en ese campo en toda Europa —además de heredar su profunda inclinación galénica—.

Perspicaz observador, Vesalio pronto se dio cuenta de los muchos errores en que había incurrido Galeno —y de la necesidad de representar adecuadamente las partes del cuerpo—. En este aspecto su obra puede considerarse análoga a la de Brunfels, Bock y Fuchs, quienes advirtieron la importancia de las nuevas ilustraciones en el campo de la botánica. Sin embargo, sería injusto atribuir a Vesalio todo el crédito de la ilustración anatómica moderna. Los dibujos anatómicos que había realizado antes Leonardo da Vinci (1452-1519) eran

magistrales, mas, desgraciadamente, habían tenido poca repercusión, pues no habían sido publicados. Pero otros habían precedido a Vesalio en ese campo, muy notablemente Berengario da Carpi, de Bolonia (¿1460?-¿1530?), quien había encargado nuevos dibujos anatómicos para su comentario al texto de Mondino.

El camino que condujo a *De humani corporis fabrica* fue relativamente corto. Después de abandonar París, Vesalio ejerció la docencia en Lovaina por espacio de un año (1536) y luego se graduó de médico en Padua, donde inmediatamente fue nombrado profesor de cirugía (1537). Además de viajar y enseñar, Vesalio escribía constantemente. En 1538, a petición de sus alumnos de anatomía, aparecieron sus *Tabulae sex* —seis hojas de texto e ilustraciones—. Tres de esas hojas habían sido ilustradas por Jan Stephen van Calcar (1499-¿1550?), discípulo de Tiziano. En 1541 Vesalio colaboró en una edición de Galeno y dos años más tarde se publicó su obra maestra sobre el cuerpo humano (fig. IV.3). Poco después de su publicación fue nombrado médico del emperador Carlos V, y posteriormente de su hijo, Felipe II de España. Hombre de gran energía, Vesalio se preparaba para retornar a Padua cuando murió en 1564, al regresar de una peregrinación que había hecho a Jerusalén.

La mayor repercusión de *De fabrica* se debió principalmente a sus láminas (que posiblemente habían sido dibujadas también por Jan Stephen van Calcar) (fig. IV.4). Pero cuando examinamos el texto encontramos el esperado fundamento galénico. Como otros médicos humanistas, Vesalio había buscado afanosamente hasta los más nimios errores en los textos antiguos. Ésa era la erudición aceptada y no afectaba la estimación general en que se tenía a los médicos de la Antigüedad. No obstante, Vesalio seguía el método galénico cuando conducía al lector primeramente al esqueleto, luego a los músculos y el sistema cardiovascular y, por último, al cerebro y los órganos de las cavidades abdominal y torácica. Este orden era opuesto al método práctico de disección de Mondino.



FIGURA IV.3. *Portada del* De fabrica *(Basilea, 1543). Adviértase que es el propio Vesalio quien diseca el cuerpo —una escena muy distinta de la ilustración de Mondino de 1493—. Cortesía de la Newberry Library, Chicago.*

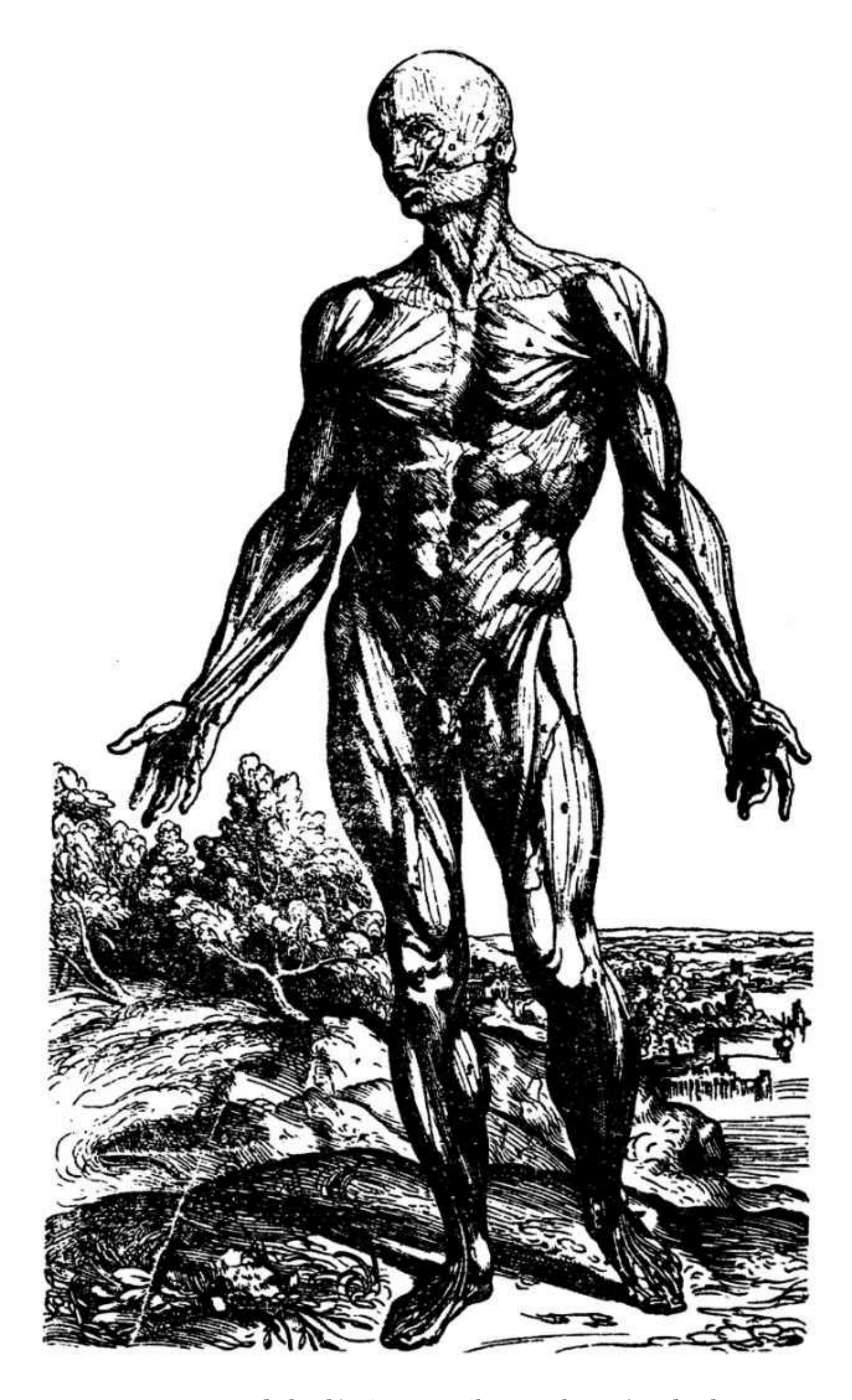


FIGURA IV.4. *Una de las láminas que ilustran los músculos humanos. De Andreas Vesalio,* De humani corporis fabrica *(Basilea, 1543). Cortesía de la Newberry Library, Chicago.*

Nuestra atención habría de concentrarse en el tratamiento que da Andreas Vesalio al corazón y a los sistemas arterial y venoso. En este punto su actitud es indiscutiblemente conservadora. No cuestiona los espíritus galénicos (naturales,

vitales y animales) y no existe un verdadero viraje respecto de Galeno en su examen del torrente sanguíneo. Y, en cuanto al corazón, Vesalio se resiste tanto a rechazar la posición galénica con respecto de los poros interventriculares del *septum* que escribe:

> El *septum* está formado por la sustancia más densa del corazón. Existen en sus dos lados abundantes orificios. Ninguno de éstos, hasta donde pueden percibir los sentidos, penetra del ventrículo derecho al izquierdo. Nos maravillamos ante el arte del Creador que hace pasar la sangre del ventrículo derecho al izquierdo a través de poros invisibles.[1]

Aquí se rechaza la observación en favor de la autoridad, lo que nos da una idea del poder que ejercía Galeno a mediados del siglo XVI.

En 1555 Vesalio publicó una segunda edición del *De fabrica*. En ésta regresaba al problema de los poros interventriculares del *septum*. Pero ahora observaba que "aunque algunas veces estos orificios son notorios, ninguno, sin embargo, hasta donde pueden percibir los sentidos, pasa del ventrículo derecho al izquierdo". Ahora se rechaza a Galeno, pero el lector siente que arribar a esa decisión fue difícil: "Hasta hace poco no me habría atrevido a apartarme de Galeno ni siquiera el ancho de un cabello. Pero me parece que el *septum* del corazón es tan macizo, denso y compacto como el resto del corazón. Por lo tanto, no veo cómo hasta la partícula más pequeña podría ser transferida del ventrículo derecho al izquierdo a través del *septum*". Esa decisión, confirmada por anatomistas contemporáneos, iba a dar por resultado una completa reconsideración del torrente sanguíneo.

Vesalio no era insensible a las críticas que recibía de quienes eran más conservadores que él: "En verdad, merezco algo mejor que las calumnias de aquellos que están furiosos contra mí porque sus estudios no han sido tan afortunados como los míos, porque no acepto a Galeno y rehúso dudar de mis ojos y mi razón por su causa".[2] A pesar del gran respeto que sentía por las obras de Galeno, rechazaba las sugerencias mal intencionadas que se le hacían para que se limitara a publicar obras de comentarios galénicos a la usanza humanista, más apegada a la tradición.

EL TORRENTE SANGUÍNEO: DE VESALIO A HARVEY

Es posible que Vesalio no haya sido un innovador tan grande como alguna vez se sugirió, pero es indudable que el *De fabrica* se convirtió casi inmediatamente en el texto anatómico de mayor influencia. Se copiaban el libro y sus ilustraciones, y su importancia se pone de manifiesto en una sucesión de relaciones maestro-discípulo que se inician con Vesalio y su sustituto en Padua. Su sucesor fue Realdo Columbo, quien había sido su asistente. Éste, a su vez, fue sucedido por

Gabriele Falloppio, famoso por su estudio del oviducto humano y en cuyo honor se llaman las trompas que llevan su nombre. Falloppio fue remplazado por Hieronymus Fabricius, cuya obra sobre las válvulas de las venas era conocida ampliamente por su discípulo William Harvey. Esta notable sucesión indica la relación estrecha y directa que existía entre Vesalio y Harvey.

Mas, si la obra de Vesalio había determinado la estructura del corazón, ciertamente no había establecido su función. La fisiología básica seguía siendo galénica y se derivaba de *Sobre el uso de las partes*. En efecto, por lo que toca al corazón, los pulmones y las arterias, pocas modificaciones se habían hecho a la doctrina de Galeno.

No obstante, los seguidores de Vesalio comenzaron a profundizar en seguida en el estudio de la correlación que existía entre estas partes del cuerpo humano, así como en el estudio de los fines de la respiración. El primero en hacerlo fue Miguel Servet, cuya formación inicial guarda cierta similitud con la de Vesalio. Es cierto, con el tiempo habría de convertirse en una mezcla de astrónomo, matemático y teólogo, pero él también había estudiado anatomía con Guinter en París y, al igual que Vesalio, había sido su asistente. Volvemos a encontrar en él a un galenista, como puede apreciarse en su *Descripción de los jarabes… según el juicio de Galeno* (1536). Pero en una obra anterior de medicina se había atacado ya a Leonhard Fuchs acusándolo de hereje y, sin duda, el propio Servet era un radical religioso, en una época en que era peligroso ser disidente, un unitario que no toleraba ni a los católicos ni a los protestantes; antes de cumplir los 21 años había publicado dos libros donde señalaba los errores de la doctrina de la Trinidad. Acosado, adoptó el nombre de Villanovus y se empleó con unos editores. Para 1546 había escrito su *Restitución del cristianismo,* cuyo manuscrito envió —junto con otra obra suya sobre la Trinidad— a Juan Calvino, en Ginebra. Viéndose obligado a huir de la Francia católica, emprendió un viaje a Italia, deteniéndose en Ginebra. En esa ciudad fue reconocido como el hombre que había atacado a Calvino y fue arrestado cuando se encontraba en la iglesia. Juzgado por sus errores, fue sentenciado a muerte y quemado en la hoguera con su libro en 1553.

De las mil copias de la *Restitución del Cristianismo* impresas en 1553 sólo se conservan tres. El libro es una expresión de las convicciones religiosas de Servet, pero tiene importancia para nosotros principalmente por su capítulo quinto, donde trata del Espíritu Santo y la dispensación del espíritu divino al hombre. Allí Servet examinaba la respiración y la relación entre el espíritu y el aire. El espíritu vital que residía en el cuerpo era, en su opinión, el resultado de una mezcla de sangre sutil y aire inspirado —y no se formaba en el ventrículo izquierdo del corazón, como postulaba Galeno, sino en los pulmones—. Rechazando el concepto galénico de un "sudor" de sangre que transpiraba del ventrículo derecho al izquierdo, Servet describía acertadamente la circulación pulmonar: es decir, la sangre del ventrículo derecho es bombeada por medio de

la arteria pulmonar a los pulmones. En éstos ocurre un cambio de color, pues la sangre venosa se aclara al entrar en contacto con el aire inspirado. De allí la sangre viaja al ventrículo izquierdo por la vena pulmonar y es distribuida después por el sistema arterial. Se sabe ahora que esta fase de la circulación de la sangre ya había sido descrita correctamente por Ibn al Nafis en el siglo XIII, pero no hay indicios de que algún anatomista del siglo XVI haya conocido su obra.

Conviene insistir en que la descripción de Servet debe situarse en su contexto. Cabe señalar que entonces, como en todo ese periodo, se realizaron observaciones significativas en contextos que hoy no serían considerados científicos. Consideraciones similares a propósito del espíritu aéreo y su relación con la sangre habrían de llevar a Robert Fludd, 70 años más tarde, a describir una circulación mística de la sangre —y a escribir asimismo la primera defensa del *De motu cordis* de Harvey—.

Pero aunque las opiniones de Servet sobre la circulación pulmonar eran conocidas un siglo más tarde, es dudoso que su obra haya ejercido alguna influencia a mediados del siglo XVI. No obstante, en la segunda mitad de ese siglo se aceptó rápidamente la idea de un *septum* no poroso, hecho que exigía una nueva explicación del origen de la sangre arterial. Realdo Columbo llegó al mismo resultado que Servet —y probablemente de modo independiente— en su texto de anatomía (1559). Al leerlo —y ocurre lo contrario cuando leemos a Servet— sentimos que estamos dentro de la sólida tradición anatómica de Vesalio. De nuevo encontramos la influencia galénica, pues el hígado es el encargado de perfeccionar la sangre nutriente que es distribuida después a todo el cuerpo. De modo similar, es el ventrículo izquierdo el que distribuye la sangre vitalizada por medio de la aorta. Sin embargo, la precisa descripción que hacía Columbo del corazón y sus válvulas requería la circulación pulmonar para explicar el paso de la sangre de derecha a izquierda. Después de Realdo Columbo esa "circulación menor" gozó de general aceptación.

El nexo final que liga a Harvey con la escuela de Padua puede hallarse en la obra del que fue su maestro de anatomía, Hieronymus Fabricius, quien estuvo vinculado a esa universidad durante 64 años. Aunque tal vez se cita a Fabricius más a menudo por su obra sobre anatomía comparada, su importancia como predecesor de Harvey se debe particularmente a su descripción de las válvulas de las venas. Realizó su investigación en este campo cuando Harvey estudiaba en Padua y publicó sus resultados en 1603. Pero, galenista cabal, Fabricius insistía en que la función de esas válvulas era prevenir dilaciones peligrosas. Las válvulas actuaban para evitar la inanición que pudiesen sufrir otras partes del cuerpo en caso de que un sitio requiriera de un exceso de alimento. Su ausencia en las arterias se explicaba por el flujo y reflujo normal de la sangre arterial. Para Harvey las válvulas iban a ser la prueba de que la sangre circulaba en un solo sentido.

Aunada al avance acelerado del conocimiento anatómico, al finalizar el siglo XVI existía en algunos sabios la tendencia a hablar en términos generales de la circulación de la sangre en todo el cuerpo. Esto obedecía a varias razones. Algunos de ellos —como Cesalpino— eran aristotélicos militantes.

Aristóteles había hablado acerca de la primacía que tenía el corazón sobre las demás partes del cuerpo, y Cesalpino iba a adoptar la teoría de la circulación de la sangre, porque ésta parecía dar más importancia al corazón. Otros pensaban en función de influencias celestes y místicas que obraban conforme a las correspondencias existentes entre el macrocosmos y el microcosmos. Una vez aceptado lo anterior, parecía del todo razonable suponer que un circuito microcósmico debía imitar las revoluciones planetarias (o solares). En efecto, Roch le Baillif escribió un libro sobre el hombre y su "anatomía esencial" donde, desdeñando las anatomías físicas de las escuelas, subrayaba las analogías que existían entre ambos mundos. Y, finalmente, algunos paracelsistas sostenían que todas las partes del cuerpo actuaban como las piezas de un equipo químico.

En este caso, se afirmaba que la sangre circulaba en el cuerpo de un modo similar a la "circularidad" de la destilación. Aunque todas esas teorías no eran sino meras especulaciones, revelan, sin embargo, las tendencias de la época y son una muestra de la diversidad de opiniones que había en torno al torrente sanguíneo en el periodo inmediatamente anterior a Harvey.

WILLIAM HARVEY Y LA CIRCULACIÓN DE LA SANGRE

Como muchas de las figuras prominentes de la ciencia del Renacimiento, Harvey se basó en la obra de sus predecesores y concilió temas aparentemente dispares. Educado en Cambridge, viajó en 1597 a Padua, donde estudió con Fabricius cuando este profesor preparaba su obra sobre las válvulas de las venas. Luego de graduarse en medicina, Harvey regresó en 1602 a Inglaterra, donde ingresó como médico al Hospital de San Bartolomé y fue nombrado médico extraordinario de Jacobo I. Elegido miembro del Real Colegio de Médicos (1607), perteneció a una de las sociedades médicas (y científicas) más prestigiadas de Europa. Allí habría de impartir las *Lumleian Lectures** sobre anatomía (1615), cuyas notas revelan su antiguo interés por el tema del torrente sanguíneo.

Para nuestra comprensión de Harvey es fundamental la educación que recibió en Padua. Debido a su formación, admiraba tanto a Aristóteles como a Galeno. El grado de esa admiración se puede apreciar en *De motu cordis* (1628), donde Harvey parece más que dispuesto a atribuir a Galeno el descubrimiento de la circulación pulmonar, así como en el análisis del método científico que hace en *De generatione animalium* (1651), que está basado en gran medida en los *Analíticos* y la *Física* de Aristóteles.

Pero el descubrimiento de la circulación de la sangre se basó en algo más que en la veneración por los genios de la Antigüedad y la convicción de que la obra de éstos debía servir de fundamento a una nueva era científica. La obra de Harvey refleja el interés de su época por las nuevas observaciones, las analogías místicas y hasta por el uso de ejemplos mecánicos.

El *De motu cordis* es un pequeño volumen, pero muestra un profundo conocimiento de la literatura anatómica, así como la evidencia de las observaciones del propio Harvey. Trata en primer lugar del corazón, al que Harvey había examinado, junto con el movimiento de la sangre, en unas 40 especies. Había notado que en todos los casos el corazón se endurecía cuando se contraía y que, a medida que ocurría esta contracción, las arterias se expandían. Esas expansiones periódicas podían sentirse en la muñeca en forma de pulsaciones y, acertadamente, supuso que ello ocurría porque la sangre era bombeada en las arterias. Entonces, la acción del corazón, observaba Harvey, era comparable con la de un fuelle hidráulico.

Refiriéndose al corazón de los animales de sangre fría, cuya actividad era más lenta, Harvey había observado que primero se contraían las aurículas y después los ventrículos. Este proceso está descrito minuciosamente. La sangre penetra primeramente en la aurícula derecha por la vena cava. A medida que ésta se contrae, la sangre es transferida al ventrículo derecho, donde las válvulas impiden que retroceda. En seguida se contrae el ventrículo derecho, enviando la sangre a los pulmones por la arteria pulmonar. Una vez más las válvulas impiden que invierta su dirección. Y, como no existen poros en el *septum,* toda esa sangre es enviada a través de los pulmones. En el lado izquierdo del corazón, la sangre proveniente de los pulmones penetra primero en la aurícula izquierda por la vena pulmonar. Luego, a medida que este vaso se contrae, la sangre avanza al ventrículo izquierdo. Posteriores contracciones expulsan la sangre arterial hacia la aorta y el sistema arterial.

Todo ello tenía un enorme interés como descubrimiento fisiológico, pero Harvey fue aún más lejos. Reflexionando en las válvulas de las venas, declaró que el torrente sanguíneo no sólo fluía hacia el corazón en una dirección, sino que recorría continuamente todo el cuerpo en una sola dirección (fig. IV.5). En este punto Harvey expuso un contundente argumento cuantitativo. Suponiendo que el ventrículo izquierdo alojara únicamente dos onzas de sangre, y que el pulso fuera de 72 pulsaciones por minuto, en una hora el ventrículo izquierdo habría inyectado en la aorta aproximadamente 540 libras de sangre. Mas los animales tienen, cuando mucho, unas cuantas libras de sangre en el cuerpo; había que preguntarse, entonces, de dónde provenía toda esa sangre —y a dónde iba—. Harvey llegó a la conclusión de que la sangre expelida por la aorta sólo podía provenir de las venas:

> Comencé a pensar si no existía un movimiento, por así decirlo, circular. Más tarde descubrí que ello era cierto; y finalmente vi que la sangre, expelida por la acción del ventrículo izquierdo hacia las

arterias, era distribuida en todo el cuerpo y en sus distintas partes, de la misma forma en que es enviada a través de los pulmones, impelida por el ventrículo izquierdo hacia la arteria pulmonar; y que luego pasaba a través de las venas y a lo largo de la vena cava, y así, dando un rodeo, llegaba al ventrículo izquierdo en la manera ya indicada. A este movimiento nos hemos permitido llamarlo circular, del mismo modo en que Aristóteles dice que el aire y la lluvia imitan el movimiento circular de los cuerpos superiores; pues la tierra húmeda, cuando es calentada por el sol, se evapora; los vapores, al ser atraídos hacia arriba, se condensan y, descendiendo en forma de lluvia, humedecen de nuevo la tierra.

El corazón, cuya importancia es plenamente evidente, desempeña un papel todavía más importante cuando se le interpreta en términos cósmicos mediante la analogía macrocosmos-microcosmos:

El corazón, en consecuencia, es el principio de la vida, el Sol del microcosmos; aunque el Sol, a su vez, podría ser denominado con justicia el corazón del mundo, pues es por la virtud y el latido del corazón que la sangre se mueve, se perfecciona, se hace apta para nutrir y es preservada de la corrupción y la coagulación; es la divinidad tutelar que, cumpliendo con su función, alimenta, acaricia, anima todo el cuerpo y, ciertamente, es el fundamento de la vida, la fuente de toda acción.

Volviendo finalmente a sus observaciones sobre las válvulas de las venas, Harvey demostraba que la sangre fluía siempre en dirección al corazón y nunca en sentido opuesto. Así pues, su conclusión estaba bien fundada, porque

Puesto que todo, tanto los argumentos como las pruebas oculares, demuestra que la sangre pasa a través de los pulmones y el corazón, debido a la acción de las aurículas y los ventrículos, y es enviada para ser distribuida a todas las partes del cuerpo, donde se introduce en las venas y los poros de la carne, y fluye luego por las venas desde todos los puntos de la circunferencia hacia el centro, desde las venas más pequeñas hasta las más grandes, y es descargada finalmente por éstas en la vena cava y la aurícula derecha del corazón, y ello en tal cantidad, y con un flujo y reflujo tales, allá por las arterias, aquí por las venas, que no podría ser suministrada por los alimentos ingeridos y es, con mucho, más que la que se requiere para cumplir los fines de la nutrición; es absolutamente necesario concluir que la sangre en el cuerpo animal es impelida circularmente y se encuentra en un estado de incesante movimiento; que éste es el acto o función que realiza el corazón por medio de su latido y que éste es el único fin del movimiento y la contracción del corazón.[3]

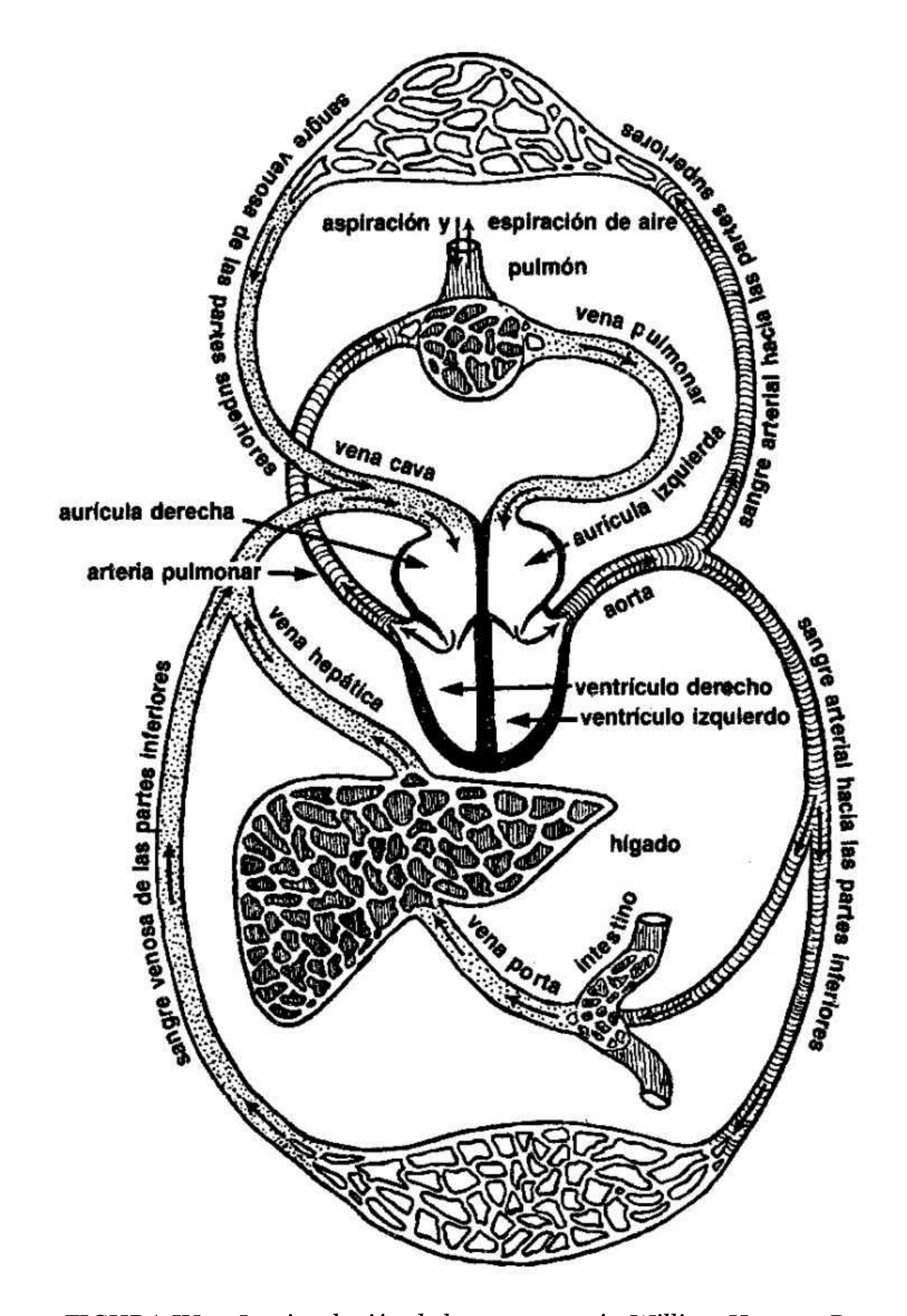


FIGURA IV.5. *La circulación de la sangre según William Harvey. De Charles Singer,* The Discovery of the Circulation of the Blood *(Londres, Wm. Dawson and Sons, Ltd., 1956). Cortesía de A. W. Singer.*

EL VEREDICTO

Aunque el descubrimiento de la circulación de la sangre es considerado actualmente como el único avance fisiológico de principios del siglo XVII, comparable con los adelantos contemporáneos de las ciencias físicas, la reacción

inmediata que provocó *De motu cordis* fue variada. Pero si algunos autores conservadores rechazaron categóricamente el libro, nos interesa más examinar la gama de opiniones de los que apoyaron a Harvey.

El primero en defender a Harvey fue su amigo y colega Robert Fludd. Interesado desde hacía mucho tiempo en un espíritu vital aéreo y su asimilación al cuerpo humano, Fludd había descrito en 1623 una circulación mística de la sangre arterial como una consecuencia necesaria de la analogía macrocosmos-microcosmos. Testigo de las demostraciones anatómicas de Harvey, él había intervenido para que el libro de su amigo fuera publicado en Fráncfort por su propio editor. En el libro que él mismo escribió sobre el pulso (1629), Fludd menciona a su "estimado compatriota", quien había confirmado la circulación de la sangre tanto con argumentos filosóficos como con demostraciones basadas en la observación.

Para Fludd era evidente que las demostraciones anatómicas ofrecidas por Harvey no hacían sino confirmar verdades místicas más profundas. Esto lo comprendieron perfectamente Marin Mersenne (1588-1648) y Pierre Gassendi (1592-1655), contemporáneos de Descartes y Galileo. En una detallada réplica a Fludd (1631), Gassendi atacaba tanto a Fludd como a Harvey a causa de la circulación de la sangre; ello se debía a que Gassendi había declarado en una ocasión haber presenciado una demostración de la existencia de los poros del *septum*. Y si los poros estaban allí, argumentaba, algún propósito debían tener. Su verdadera finalidad era la formación de la sangre arterial y, por tanto, la doctrina galénica del torrente sanguíneo se mantenía en pie. No era así, respondió Fludd (1633); las disecciones de Harvey le habían demostrado la impermeabilidad del *septum* y, por otra parte, las válvulas del corazón indicaban que el torrente sanguíneo fluía del lado derecho al lado izquierdo del corazón, mediante los pulmones. Para él la circulación de la sangre era un hecho, pero éste podía postularse sobre la base de verdades cósmicas, como él mismo lo había hecho antes de que Harvey aportara sus pruebas fisiológicas —pruebas menores, es cierto, pero no menos convincentes—.

Y si la obra de Harvey era interpretada como una prueba de la cosmología mística de Fludd e impugnada por los mecanicistas por esta misma razón, no debe sorprendernos que también René Descartes haya admitido con ciertas reservas la explicación de Harvey. En su *Traité de l'homme* (1632) aceptaba la circulación general de la sangre, pero sólo para explicar al corazón como una unidad mecánica de destilación. Suponiendo una temperatura del corazón superior a la del cuerpo y una acción refrescante inherente a los pulmones, hablaba de una combinación de condensación y rarefacción, y sostenía que el torrente sanguíneo estaba determinado por las válvulas. Con ello Descartes intentaba convertir al sistema vitalista de Harvey en uno enteramente mecánico.

Igualmente interesante es la reacción de Johannes Walaeus (1604-1649), quien defendió la circulación de la sangre y alabó el genio de Harvey en dos

cartas publicadas en 1641. Concibiendo una serie de experimentos con perros a los que se les habían practicado ligaduras vasculares, contribuyó a ampliar el conocimiento del torrente sanguíneo. Su obra tenía peso suficiente para influir hasta en el propio Harvey. No obstante, la reputación de Harvey mermó considerablemente a los ojos de Walaeus cuando éste se enteró de que el verdadero autor de ese descubrimiento había sido el estadista veneciano Paolo Sarpi (1552-1623). Tras una intensa investigación, Walaeus quedó convencido (1645) de que, en efecto, basando su obra en la de otros autores que se remontaban a la Antigüedad, Sarpi había descubierto la circulación de la sangre. Posteriormente, escribía Walaeus, Sarpi había comunicado su hallazgo a Harvey, quien había procedido a difundir la doctrina con su propio nombre.

En las dos décadas posteriores a la publicación de *De motu cordis,* Harvey tuvo que soportar las constantes injurias de James Primerose (m. en 1659), Jean Riolan (1580-1657), Gui Patin (1601-1672) y otros autores, pero también es cierto que su obra no pareció satisfacer plenamente a todos. Seguían en pie las dudas respecto de la relación que existía entre el sistema venoso y el arterial, los distintos aspectos de las dos clases de sangre (venosa y arterial) la función de los pulmones y el papel que desempeñaba el aire en la formación de la sangre arterial. Harvey no había podido resolver esas cuestiones, pero vivió lo suficiente para recibir los elogios de la mayoría de sus contemporáneos. Poco después de su muerte, en 1659, Marcello Malpighi (1628-1694) descubrió la anastomosis de las arterias y las venas cuando examinaba el torrente sanguíneo en el pulmón de una rana con ayuda de un microscopio. Catorce años más tarde, Antoni Leeuwenhoek (1632-1723) confirmó las observaciones de Malpighi con lentes de alta potencia. El problema de la respiración fue investigado por miembros de las primeras academias científicas, especialmente la Real Sociedad de Londres, y si los malogrados experimentos de transfusión de la época parecieron posibles fue gracias a la comprensión que se tenía del torrente sanguíneo. En cuanto a la práctica médica, la decadencia de la teoría de los humores despertó un nuevo interés por los componentes químicos de la sangre. A fines del siglo XVII habrían de realizarse numerosos experimentos para curar las enfermedades mediante la infusión de sustancias químicas.

Con todo, al finalizar ese siglo el descubrimiento de Harvey seguía interesando profundamente a quienes buscaban una explicación mística de la naturaleza. Johann Rudolph Glauber, uno de los últimos paracelsistas que contribuyó mucho al desarrollo del equipo químico en gran escala, sostenía que la circulación de la sangre había demostrado concluyentemente la relación simpática que existía entre el macrocosmos y el microcosmos (1658). En Inglaterra John Webster (1610-1682) juzgaba tan importantes los descubrimientos de los misterios de la sangre debidos a Robert Fludd y William Harvey, que proponía que fuesen adoptados como parte de una reforma necesaria al programa de estudios en Oxford y Cambridge (1654). Y hasta el

alquimista Elias Ashmole (1617-1692), uno de los miembros más antiguos de la Real Sociedad, se refería a Harvey como al hombre "que por sus muchos y eminentes descubrimientos se ha hecho merecedor de que se le erija una estatua, no de mármol, sino de oro" (1652).

La historia del descubrimiento de la circulación de la sangre podría escribirse fácilmente desde el punto de vista del avance progresivo del conocimiento. Podríamos mencionar toda una serie de descubrimientos en el periodo que va de Vesalio a Harvey. No obstante, esos descubrimientos se sitúan en un contexto de temas familiares. El renacimiento anatómico del siglo XVI se basó en varios siglos de anatomías públicas practicadas en las universidades de Europa. Y en este caso, como en el de la botánica, podemos apreciar la eficacia de la nueva unión del arte con la observación. Y en cuanto al humanismo, en ningún otro campo ejerció mayor influencia. Las nuevas ediciones de la obra de Galeno en latín y en griego despertaron un nuevo interés por la investigación anatómica y fisiológica. Hemos notado ese interés en Londres, con Thomas Linacre; en París, con Guinter de Andernach, y en toda esa serie de maestros de Padua que se inspiraron en la obra del médico griego del siglo II.

La nueva anatomía y todos los antecedentes del descubrimiento de la circulación de la sangre están vinculados principalmente a la Universidad de Padua. En ésta se dio gran importancia a la obra de Aristóteles y Galeno, y su influencia es manifiesta en las figuras destacadas de este desarrollo. Todas ellas aprobaban que se corrigieran los errores que adulteraban los textos antiguos, mas nadie pensó en desecharlos o remplazarlos. De estas autoridades, sólo Guinter reflexionó favorablemente respecto de los remedios químicos de los paracelsistas, pero lo hizo sin la intención de rechazar la teoría médica de la Antigüedad. Y por lo que toca a Harvey, se consideró tan aristotélico como galenista hasta el fin de sus días.

Y, sin embargo, la anatomía y la fisiología del Renacimiento nos parecen cada vez más complejas. Cuando se les examina en su contexto, los motivos que impulsaron a muchos de esos sabios parecen diferir diametralmente de los del científico moderno. Servet, por ejemplo, que había estudiado anatomía, expuso sus opiniones acerca del torrente sanguíneo movido por sus especulaciones teológicas. La situación de Fludd era similar. Para él, comprender la naturaleza equivalía a comprender la teología. En estas condiciones, Fludd fue el primero que publicó un libro en defensa de Harvey. Algunos rechazaron al Harvey aristotélico porque sus opiniones entraban en conflicto con los antiguos, mientras que otros lo apoyaron sólo después de haber despojado a sus opiniones de su vitalismo básico.

Al final nos enfrentamos a la aparente paradoja de que uno de los logros más impresionantes de la Revolución Científica fue alcanzado por un aristotélico declarado, cuya obra atrajo primeramente la atención de los místicos herméticos. Mas, pese a todo, su hazaña fue enorme y pronto fue reconocida como tal. Otros

antes que él habían sabido que la sangre salía del corazón por las arterias mayores. Pero todas las explicaciones que se habían propuesto presuponían la existencia de un vasto sistema de irrigación cuya función era la construcción de los tejidos. Y si alguien había hablado antes de una circulación mística de la sangre, Harvey se refería ahora a auténticos experimentos y aducía un irrefutable argumento cuantitativo. Se ha sugerido que la obra de Harvey fue la primera explicación adecuada de un proceso corporal, el punto de partida del camino que condujo a la fisiología moderna. A decir verdad, después de él cambió la actitud ante los procesos vitales. Las antiguas referencias a un indefinible calor innato, una fuerza neumática, los espíritus animales y los *archei* internos iban a ser remplazadas por una nueva búsqueda de conceptos físicos más simples.

V. UN NUEVO SISTEMA DEL MUNDO

LOS DEBATES que hemos examinado en la medicina, la botánica y la fisiología de fines del siglo XVI y principios del XVII tienen notables paralelos en los campos de la astronomía y la física. Nuevamente observamos el efecto de los estudios humanísticos dando por resultado una significativa revisión (Vesalio, 1543; Copérnico, 1543). Y, una vez más, un largo periodo de asimilación y controversias que daría origen a nuevos descubrimientos e interpretaciones, esenciales para futuros avances (Harvey, 1628; Kepler y Galileo, 1609 y 1632).

Resolver los problemas relacionados con el movimiento de la Tierra requería no sólo una reestructuración de los cielos, sino también el desarrollo de una nueva física del movimiento —ésta, una meta que sólo habría de alcanzarse plenamente hasta 1687, con la publicación de los *Principia mathematica* de Isaac Newton—. La historia íntegra de este último desarrollo pertenece propiamente a otro volumen de esta serie. Mas la aceptación del sistema copernicano implicaba factores que rebasaban la mecánica del movimiento y la cosmología. También en este caso el misticismo influyó en la motivación de las figuras centrales; no menos importantes fueron los problemas teológicos que causaron profundas divisiones.

LA ANTIGÜEDAD Y LA ASTRONOMÍA DEL RENACIMIENTO

Como en los demás campos, la astronomía del Renacimiento se basó en la obra de los antiguos. Dos sistemas cosmológicos dominaban en la literatura astronómica. El primero de ellos, el de Eudoxio, Calipo y Aristóteles, se valía de una serie de esferas concéntricas para explicar la rotación diurna de las estrellas y los movimientos del Sol, la Luna y los planetas (fig. V.1). Para explicar la variedad de los movimientos observados se asignaron hasta cuatro esferas a cada uno de los planetas. Con un número adecuado de esferas, debidamente ordenadas, era posible explicar movimientos tan complejos como la precesión de los equinoccios y la retrogresión de los planetas contra el fondo de las estrellas. No obstante, este sistema, aunque gozaba de popularidad, no explicaba el hecho de que el Sol, la Luna y los planetas parecían hallarse periódicamente a distintas distancias de la Tierra, ya que variaban su brillo y sus dimensiones aparentes.

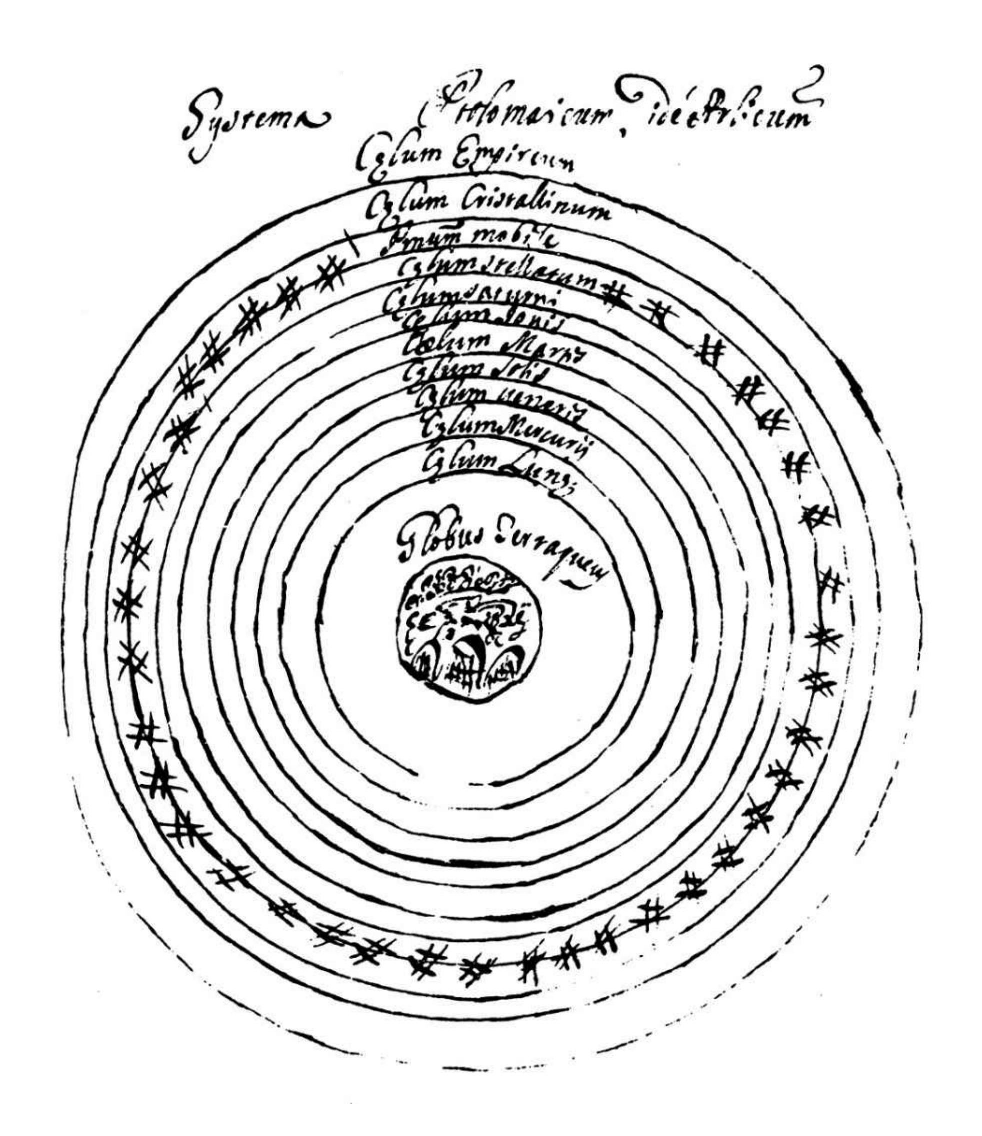


FIGURA V.1. *Ilustración de las esferas concéntricas. Manuscrito de una introducción a la filosofía natural de mediados del siglo XVIII. Nótese la Tierra central rodeada por las esferas de la Luna, los planetas y las estrellas fijas. Colección del autor.*

Para resolver ese problema y eliminar las inexactitudes de la cosmología aristotélica, los astrónomos alejandrinos de los siglos II y III a.C. (especialmente Apolonio de Perga e Hiparco) refundieron los datos disponibles en un nuevo sistema. Este sistema, a su vez, fue revisado y ampliado para integrar el sistema complejo, verdaderamente matemático, que construyó Claudio Ptolomeo en el siglo II de nuestra era. Fue al sistema ptolemaico, tal como lo había expuesto su autor en su libro *Almagesto,* al que guardaron fidelidad la mayor parte de los astrónomos hasta el siglo XVII.

La astronomía de Ptolomeo conservaba las antiguas esferas, pero añadía una serie de círculos (preservando así el movimiento "perfecto" de los cielos) para explicar con mayor precisión los fenómenos observados. En el caso más simple, un planeta podía localizarse en un círculo deferente o mayor —si parecía moverse

alrededor de la Tierra con perfecta circularidad—. Sin embargo, semejante perfección —salvo en lo que se refería a las estrellas— no existía. En vista de ello, se introdujo otra serie de círculos. El epiciclo, con su centro situado en la circunferencia del deferente, giraba mientras avanzaba con el movimiento del deferente. Este movimiento dual explicaba tanto las variaciones aparentes de las distancias como las retrogresiones planetarias (figs. V.2 y V.3). Otras irregularidades obligaron a Ptolomeo a situar a la Tierra a cierta distancia del Sol y a utilizar círculos excéntricos (fuera del centro) y círculos ecuantes. Con ayuda de estos últimos se explicaban los aparentes cambios de velocidad de los planetas. En este caso, los ángulos iguales (que se originaban en un punto situado fuera del centro del círculo) se localizaban en periodos iguales de tiempo. Combinaciones de todos estos artificios produjeron un sistema astronómico complejo (aunque no perfecto) que permitía explicar y predecir con bastante exactitud los movimientos celestes.

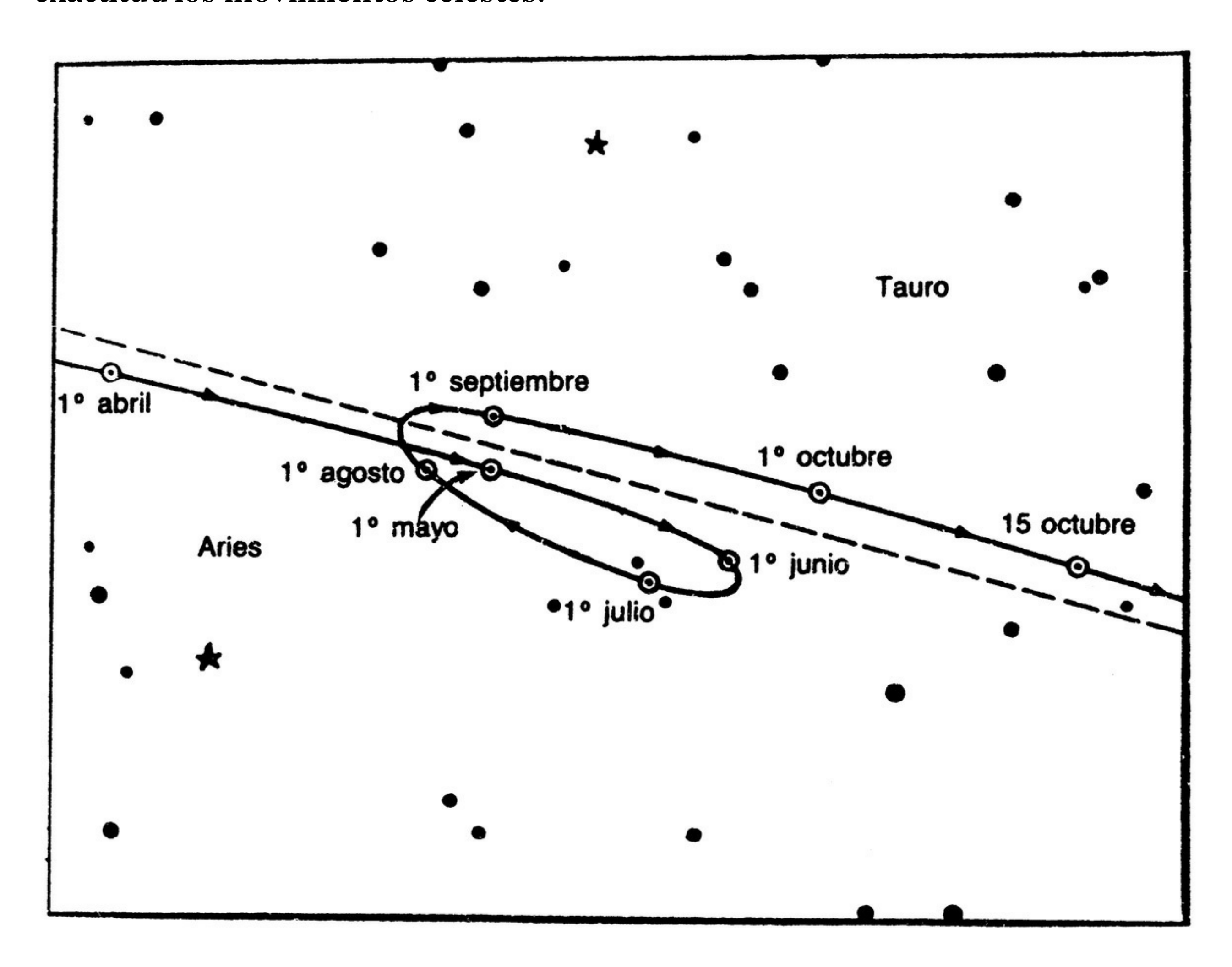


FIGURA V.2. *Un ejemplo de la aparente retrogradación de Marte visto contra el fondo de las estrellas "fijas". De Thomas S. Kuhn,* The Copernican Revolution *(Cambridge, Mass., Harvard University Press, 1957), p. 48. Copyright 1957, por el rector y los profesores asociados de Harvard College.*

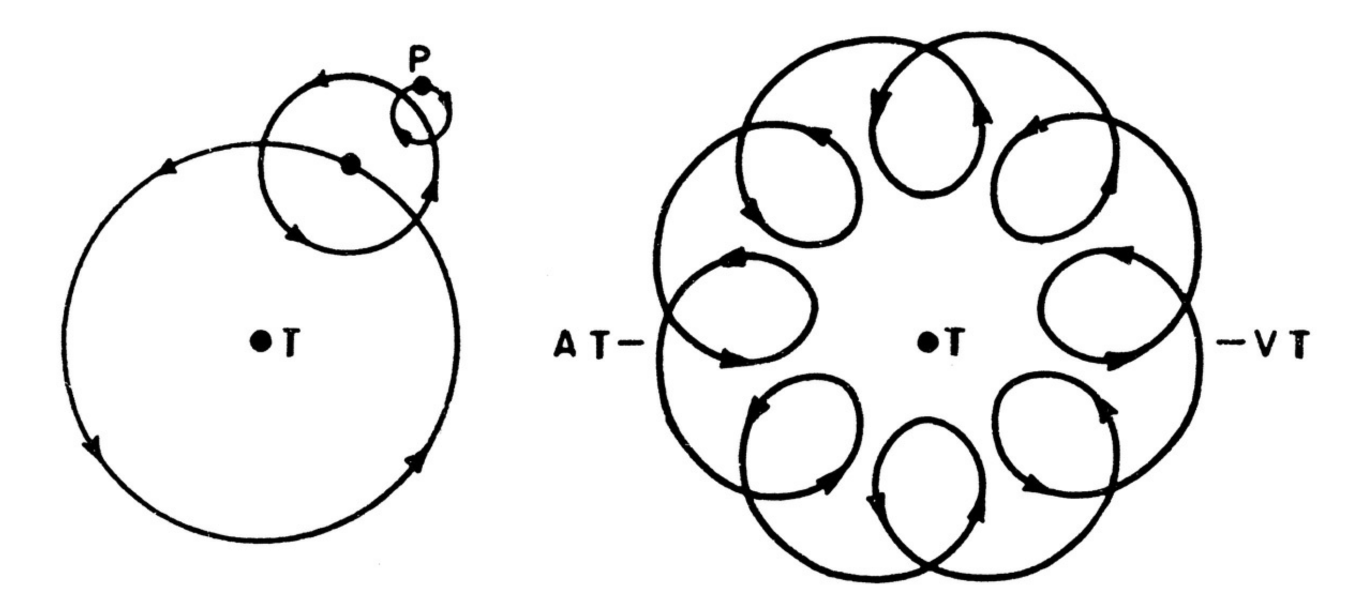


FIGURA V.3. *Para explicar la retrogradación en el sistema ptolemaico, un planeta se movía en un epiciclo cuyo centro estaba en un punto de la circunferencia de un círculo mayor, deferente y móvil (izquierda). Las múltiples rotaciones producían una serie de rizos o movimientos aparentemente retrógrados cuando se observaban contra las estrellas. De Thomas Kuhn,* The Copernican Revolution *(Cambridge, Mass., Harvard University Press, 1957), p. 68. Copyright 1957, por el rector y los profesores asociados de Harvard College.*

Pero si Ptolomeo y Aristóteles eclipsaban a otros sabios de la Antigüedad, sus sistemas cosmológicos no representaban toda la gama del pensamiento astronómico de ese periodo. En el siglo V a.C. algunos seguidores de Pitágoras (especialmente Filolao) habían propuesto un universo en cuyo centro ardía un fuego central y alrededor del cual giraban todos los cuerpos celestes, incluyendo la Tierra, el Sol y una "antitierra". Posteriormente, Aristarco de Samos (siglo III a.C.) argumentaría que, en caso de que la Tierra girase diariamente sobre su eje y al mismo tiempo girase anualmente alrededor del Sol, no se percibiría ningún cambio. No obstante, este sistema copernicano no fue formulado matemáticamente, y de Aristarco sólo se conserva su cálculo de las dimensiones del Sol y la Luna y las distancias de éstos respecto de la Tierra. Mayor influencia ejercería la obra de Heráclides de Ponto (siglo IV a.C.), quien afirmaba que nada explicaba mejor el movimiento de las estrellas que la rotación diurna de la Tierra, y que el hecho de que Mercurio y Venus no se vieran nunca alejados del Sol indicaba que estos planetas giraban alrededor del Sol. Marciano Capella y Macrobio (ambos del siglo V d.C.) repitieron las opiniones de Heráclides en las postrimerías de la Antigüedad, en textos que sobrevivieron a los embates de los bárbaros y fueron utilizados hasta que en los siglos XII y XIII se recuperaron obras científicas más completas.

Los astrónomos musulmanes hicieron sus propios comentarios y revisiones de Ptolomeo, y éstos —junto con los textos originales— fueron trasmitidos a

Europa occidental en el siglo XII. Se escribieron tratados introductorios de astronomía (el más popular de éstos fue el de John de Hollywood —Johannes Sacrobosco—, hacia 1230) y los traductores elaboraron versiones en latín de las obras cosmológicas de Ptolomeo y Aristóteles. Aunque más tarde serían criticadas por sus inexactitudes, esas traducciones mantuvieron su influencia hasta el siglo XVI.

En el curso del siglo XIII se condenó a Aristóteles por razones teológicas, pues en sus libros de filosofía natural exponía juicios que entraban en conflicto con el dogma cristiano. Se alegaba que la aceptación literal de su obra podía conducir a la negación de la creación divina, la verdad de la Eucaristía, la posibilidad de los milagros y la inmortalidad del alma. Una vez rechazadas como textos dogmáticos, las obras que integraban el *corpus* aristotélico fueron objeto de controversias. De hecho, varias de las cuestiones discutidas a fines del siglo XIII y el XIV estaban relacionadas con la astronomía y la cosmología, como la posibilidad de una pluralidad de mundos y el movimiento de la Tierra. Temas semejantes iban a interesar especialmente a Nicolás de Cusa (1401-1464), quien escribió acerca de un universo ilimitado (aunque no infinito) cuyas partes se hallaban todas en movimiento. Y si bien es difícil determinar qué entendía exactamente por movimiento de la Tierra, seguramente habría rechazado muchas de las opiniones de los astrónomos contemporáneos.

El renacimiento humanístico afectó a la astronomía en varias formas. *El Cusano* es un ejemplo de la nueva influencia que ejerció el platonismo en los sabios del siglo XV. Marsilio Ficino es otro. Los intereses místicos de Ficino se reflejan en su traducción del *Corpus hermeticum* y en la rapsodia que compuso al Sol (en su obra *De Sole*), donde imitaba los antiguos textos herméticos:

> Nada revela la naturaleza del Bien [que es Dios] con más plenitud que la [luz del Sol]. En primer lugar, la luz es el más brillante y el más claro de los objetos sensibles. En segundo lugar, nada se extiende con tanta facilidad, amplitud y rapidez como la luz. En tercer lugar, al igual que una caricia, penetra todas las cosas sin dañarlas y con la mayor suavidad. En cuarto lugar, el calor que la acompaña anima y nutre todas las cosas y es el generador y motor universal [...] De modo similar, el Bien se extiende a todas partes y cautiva y atrae todas las cosas. No obra por compulsión, sino en virtud del amor que lo acompaña, como el calor [que acompaña a la luz]. Este amor seduce a todos los objetos para que libremente abracen el Bien [...] y en cuanto a la luz, ésta es tal vez el sentido de la vista del espíritu celestial, o su acto de ver, que obra a distancia y une todas las cosas con el cielo, aunque jamás abandone el cielo ni se mezcle con las cosas externas [...] Basta que contempléis los cielos, os lo ruego, ciudadanos de la patria celestial [...] El Sol puede ser para vosotros un signo de Dios y, ¿quién osaría decir que el Sol es falso?[1]

Ficino afirmaba que el Sol había sido lo primero que se había creado y que se le había colocado en el centro de los cielos.

Muy distinta era la obra de Georg Peuerbach, de la Universidad de Viena, quien, en sus *Theoricae novae planetarum* (publicado hacia 1473), describía con términos técnicos un sistema planetario perfeccionado basado en el de

Ptolomeo. Convencido de la necesidad de contar con un texto más fiel de Ptolomeo, planeó un viaje a Italia en compañía de su discípulo y asistente Johann Müller (el Regiomontano). Al morir, Peuerbach había terminado los primeros seis libros de un *Epítome* del *Almagesto,* y el Regiomontano acabó su obra, la que sería publicada por primera vez 20 años después de su propia muerte (fig. V.4). La publicación del texto íntegro del *Almagesto* tendría que esperar hasta 1515, cuando apareció en la versión que había hecho Gerardo de Cremona en el siglo XIII. Una nueva traducción del griego no habría de aparecer impresa hasta 1528.



FIGURA V.4. *Ptolomeo y el Regiomontano —frontispicio del* Epítome *que el segundo hizo del* Almagesto *(1496)—. Cortesía de la Newberry Library, Chicago.*

COPÉRNICO Y UN SOL ESTACIONARIO

Ya hemos dicho que la primera fase de la Revolución Científica implicó un retorno al estudio de las fuentes antiguas. Ello significaba para algunos un regreso a Aristóteles y para otros un regreso a Galeno. Un tercer grupo perseguía la verdad en la búsqueda del conocimiento divino que había poseído Adán (la *prisca theologia*), mediante el estudio de los textos herméticos. La influencia del hermetismo en la cosmología del Renacimiento es evidente en los escritos de Ficino, mientras que Girolamo Fracastoro (¿1478?-1553) describía en 1538 un renovado sistema aristotélico de esferas concéntricas. A juicio de éste, el antes difícil problema de explicar la variación de las distancias se resolvía fácilmente con suponer que variaba la transparencia de las esferas cristalinas, lo cual provocaba en el observador terrestre la ilusión de que variaban las distancias. Mas, a pesar de la influencia de Aristóteles y Hermes, es indudable que Ptolomeo reinaba soberano sobre los astrónomos humanistas, y era a Ptolomeo a quien más debía Copérnico.

Copérnico nació en Thorn, Polonia, en 1473, fecha en que probablemente apareció la primera edición del texto astronómico de Peuerbach. A los 18 años se matriculó en la Universidad de Cracovia, donde inició su extensa colección de libros astronómicos y matemáticos. En 1496 —año en que apareció la primera edición del *Epítome* del *Almagesto* preparada por el Regiomontano— se trasladó a Bolonia para estudiar derecho canónico. Tras una breve visita al hogar (1501), regresó a estudiar a Padua, y en 1503 se graduó de doctor en derecho canónico en Ferrara. En Bolonia y en Padua Copérnico había mantenido contacto con doctos astrónomos. En Bolonia había conocido a Domenico Maria da Novara (1454-1504) y en Padua residía Girolamo Fracastoro. Este último, además de astrónomo era filósofo y médico, y Copérnico se dedicó a la medicina después de doctorarse en derecho. En años posteriores habría de aplicar sus conocimientos de medicina como parte de sus deberes regulares en Polonia.

En 1506 regresó a su tierra natal, donde se estableció en forma permanente y formó parte del gobierno del pequeño estado de Ermeland, participando frecuentemente en decisiones de carácter médico y económico. En Italia, Copérnico había aprendido griego, y se le podría incluir entre los literatos menores del humanismo, ya que en 1509 publicó una traducción de los poemas de Teofilacto Simocatta, escritor bizantino del siglo VII. Pero aunque ello ciertamente no constituyó un acontecimiento memorable en los círculos humanistas, ese volumen tiene interés por un poema introductorio donde se elogia al traductor por sus investigaciones astronómicas. Ya entonces Copérnico comenzaba a ser conocido como astrónomo; en 1514, cuando se consideraba la reforma del calendario, fue invitado a Roma (invitación que declinó) para participar en las deliberaciones.

A pesar de que aún no había publicado nada, salvo su breve traducción, muchos de sus amigos de Polonia e Italia conocían sus intereses. Algunas de las observaciones publicadas en su obra *De revolutionibus orbium coelestium* (1543)

datan de sus días de estudiante en Italia. Pero para 1512 su concepción de un universo heliocéntrico (*heliostático* sería la palabra más apropiada, pues Copérnico no situó al Sol exactamente en el centro) ya había sido desarrollada plenamente en el manuscrito que se conoce comúnmente como el *Commentariolus*. En éste hacía un esbozo de su teoría y apuntaba algunas de sus consecuencias —informando al lector que, a la sazón, se ocupaba en un estudio más amplio del tema—.

La idea de una Tierra en movimiento parecía contraria al sentido común y había presentado innumerables dificultades a los antiguos. Ptolomeo había advertido que, si se movía, la Tierra habría dejado atrás a todos los objetos que no hubiesen estado afianzados a su superficie. Un caso especial era el de una piedra dejada caer desde una altura considerable. Si la Tierra se movía, la piedra sería llevada varias millas lejos en los pocos segundos que durara su caída. El hecho de que para el observador la piedra cayera en línea recta parecía ser una prueba concluyente para quienes sostenían que la Tierra estaba en reposo. Copérnico habría de argumentar que la Tierra llevaba consigo el aire que la rodeaba (y, por esta razón, la piedra en cuestión sería arrastrada por éste), pero su argumento pareció deleznable a muchos de sus contemporáneos.

¿Por qué recurrió entonces a un sistema heliostático? Se ha dicho que de no haberlo hecho se habría visto obligado a aceptar la intersección de las esferas de Marte y del Sol en el curso de sus revoluciones. Ciertamente, ello habría sido inaceptable para quien se aferraba todavía a la existencia de las esferas cristalinas. Pero existen otras consideraciones, quizás menos racionales, que no pueden pasarse por alto. En el *De revolutionibus* Copérnico afirmaba que su obra no hacía sino revivir las doctrinas pitagóricas de la Antigüedad. Mas, después de describir el orden que guardaban los planetas, concluía:

> el Sol reside en el centro de todo. ¿Quién, en verdad, en este templo que es la suma magnificencia, habría puesto la luz en otro o mejor sitio que aquel desde el cual pudiese iluminarlo todo a un mismo tiempo? Por tanto, no es impropiamente que algunos lo llaman la lámpara del mundo, otros su mente, otros su soberano. Trismegisto [lo llama] el dios visible; la Electra de Sófocles, el que todo lo ve. Así, decididamente, por cuanto reside en la sede real, el Sol gobierna a la familia de las estrellas que le rodean.[2]

Cualquiera que haya sido la causa, Copérnico ya había establecido su sistema cuando tenía 40 años de edad, si no antes. ¿Por qué esperó entonces otras tres décadas para publicarlo? En el prefacio al *De revolutionibus,* dedicado al papa, comentaba que su renuencia obedecía a su temor de provocar la reacción de los ignorantes. La astronomía era un asunto para los matemáticos, no para el vulgo. Y, en efecto, nada indica que deseara publicar cuando un sabio luterano de la Universidad de Wittenberg, Georg Joachim Rheticus (1514-1574), llegó a Ermeland en 1539 con un solo propósito en mente: aprender más de esa nueva teoría, de la cual hasta entonces no había escuchado sino rumores. Copérnico,

generoso con su tiempo, le dio a conocer los frutos de la investigación que había llevado a cabo en los últimos 40 años; y en 12 meses Rheticus había escrito un breve manuscrito donde describía el sistema copernicano. Esa *Narratio prima* contó con un número relativamente grande de lectores y alcanzó dos ediciones (1540 y 1541). Alentado por esa respuesta, Rheticus instó a Copérnico a que publicara toda su obra.

Fiándose de la promesa que le había hecho Rheticus, de que él se encargaría de llevar su libro a las prensas, Copérnico le confió el manuscrito. En realidad Rheticus no vivió para cumplir su promesa y, al publicarse, el volumen —que llegó a las manos de Copérnico poco antes de su muerte— incluía un prefacio sin firma redactado por Andreas Osiander (1498-1552), clérigo luterano que sugería que el sistema expuesto en el libro era fundamentalmente un artificio matemático destinado a facilitar los cálculos astronómicos. Ésa no había sido de ninguna manera la intención de Copérnico, pero el hecho de que él no había sido el autor del prefacio fue ampliamente conocido más tarde en ese siglo.

Los conceptos básicos de Copérnico se encuentran en el primer libro del *De revolutionibus* (fig. V.5). En éste se traza el orden de los planetas y también percibimos de inmediato la profunda influencia de Ptolomeo. A decir verdad, Copérnico no es conocido por sus propias observaciones, que en general fueron más escasas —y ciertamente menos precisas— que las de algunos de sus predecesores. Copérnico tampoco simplificó significativamente la antigua astronomía (fig. V.6). Siguió aceptando los círculos deferentes y los epiciclos de Ptolomeo, y descubrió que no podía situar al Sol precisamente en el centro, como tampoco los astrónomos anteriores habían podido situar a la Tierra en ese sitio. Y si bien se eliminó uno de esos recursos, el círculo ecuante, por considerar que no tenía sentido físicamente, pocas cosas más fueron desechadas por completo.

En suma, se trataba de una refundición del sistema de Ptolomeo. El Sol, ahora en reposo, estaba cerca (pero realmente no en él) del centro matemático del universo y circundado por los planetas (entre los cuales se consideraba a la Tierra, con su Luna girando en un epiciclo) incrustados en sus esferas cristalinas. El sistema incluía la tradicional esfera de las estrellas fijas.

A Copérnico le parecía que este sistema era más simple y más armonioso que los anteriores —y, según señalaba, daba al majestuoso Sol un sitio más apropiado —. Pero, si el sistema copernicano conservaba mucha de la complejidad del universo ptolemaico, en cierta medida lo simplificaba. No sólo se eliminaban los círculos ecuantes, sino que también se consideraban superfluos los epiciclos, con los que se explicaba el movimiento retrógrado de los planetas (fig. V.7). Este movimiento de los planetas contra el fondo de las estrellas fijas, en forma de rizo, podía explicarse ahora como el resultado de las posiciones y velocidades relativas de la Tierra y los planetas observados. Por otra parte, el sistema copernicano demostraba ser útil para determinar las distancias relativas de los planetas respecto del Sol, por medio de simples métodos trigonométricos (fig. V.8).

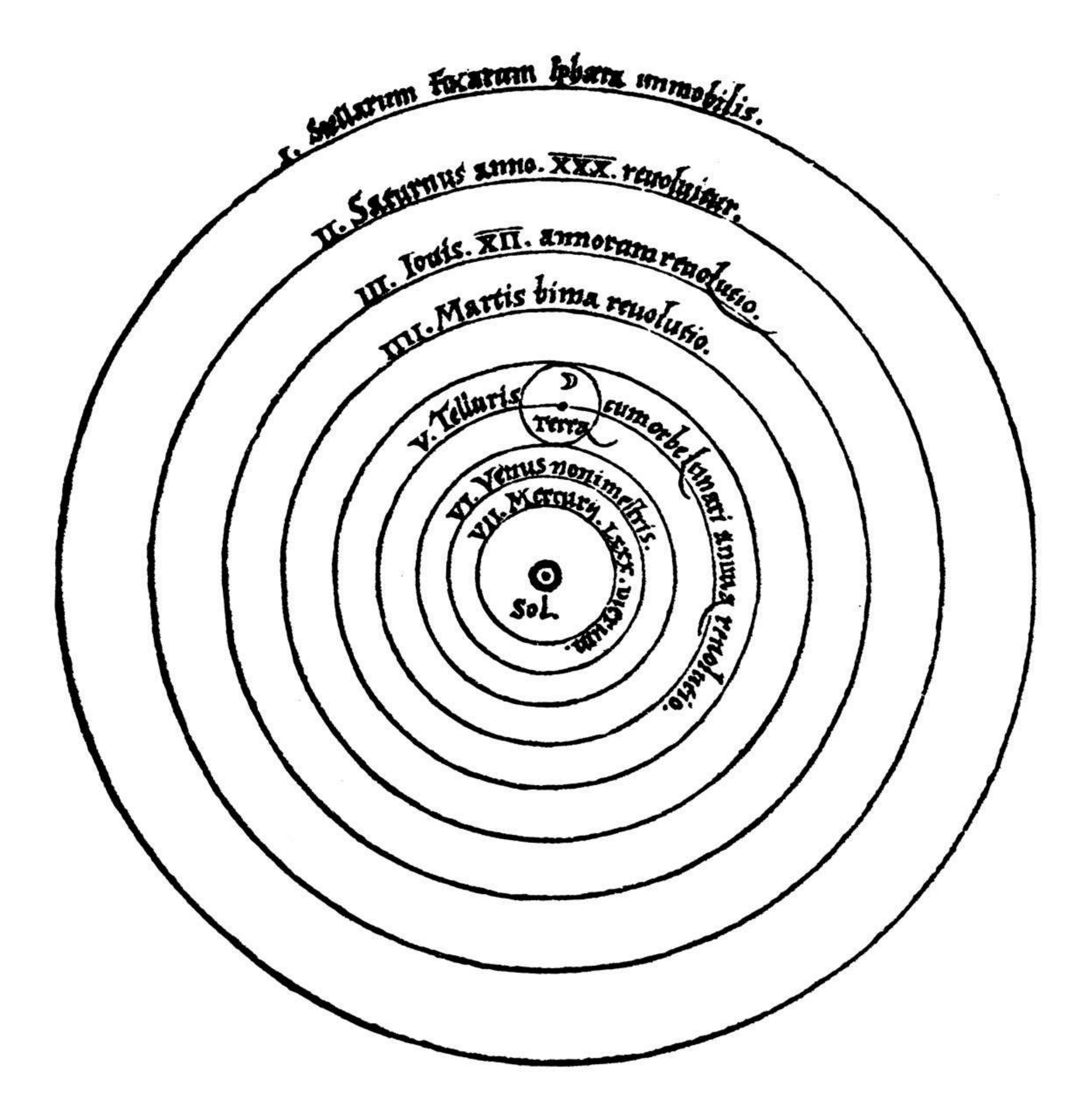


FIGURA V.5. *El sistema copernicano del mundo con un Sol central rodeado por las órbitas de los planetas, incluyendo la Tierra con su satélite lunar. De Copérnico,* De revolutionibus orbium coelestium *(1543), sig. civ*.

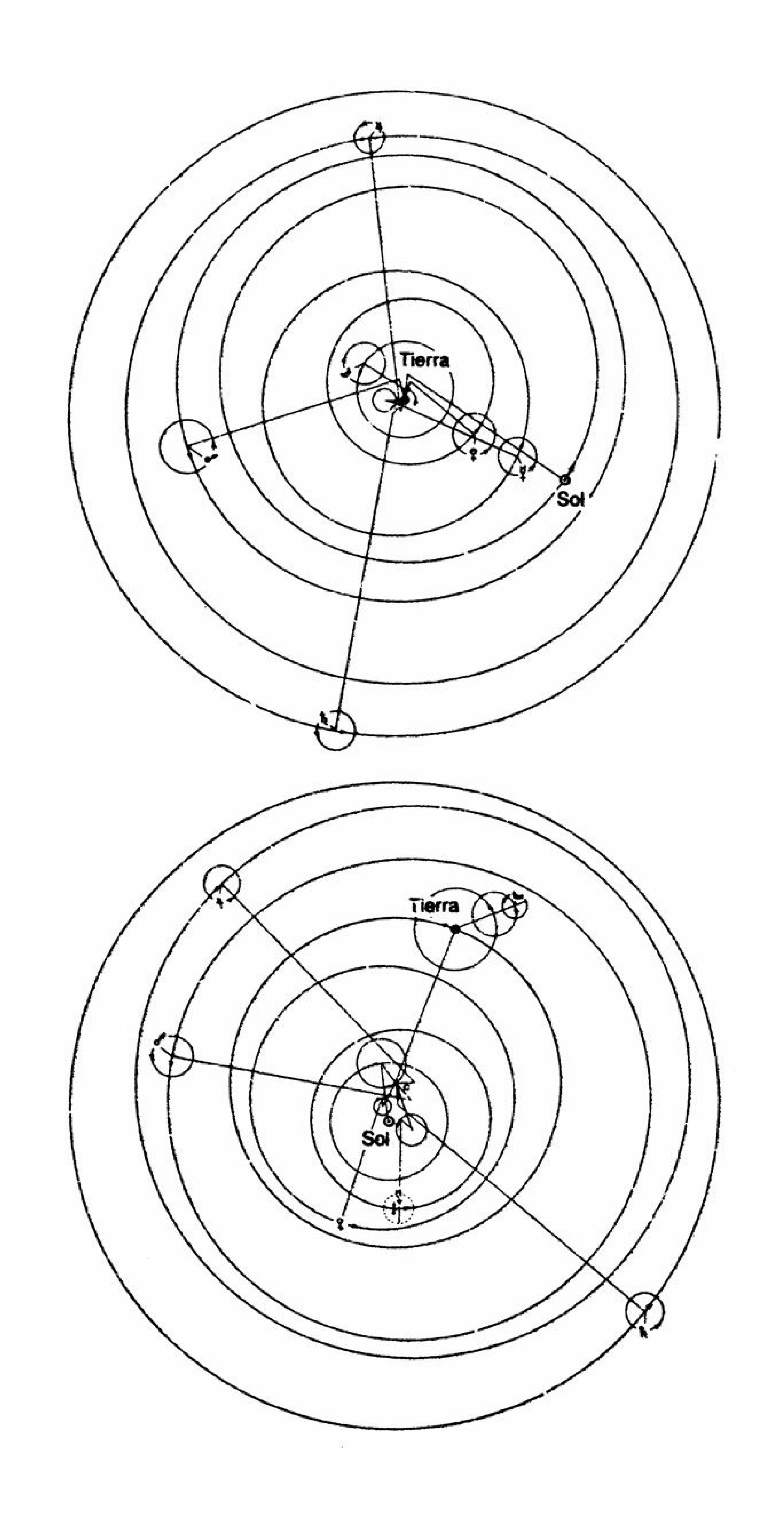

Tierra
Sol
Tierra
Sol

FIGURA V.6. *Tanto el sistema ptolemaico (arriba) como el copernicano (abajo) recurrían a una variedad de artificios circulares, de modo que uno era tan complejo como el otro. De los diagramas de William D. Stahlman reproducidos en Galileo Galilei,* Dialogue on the Great World Systems, *trad. y comp. T. Salusbury, corregido y con una introducción por G. de Santillana (Chicago, University of Chicago Press, 1953), pp. xvi-xvii, Copyright 1953, The University of Chicago, derechos reservados. Publicado en 1953. Impreso por The University of Chicago Press, Chicago, Illinois.*

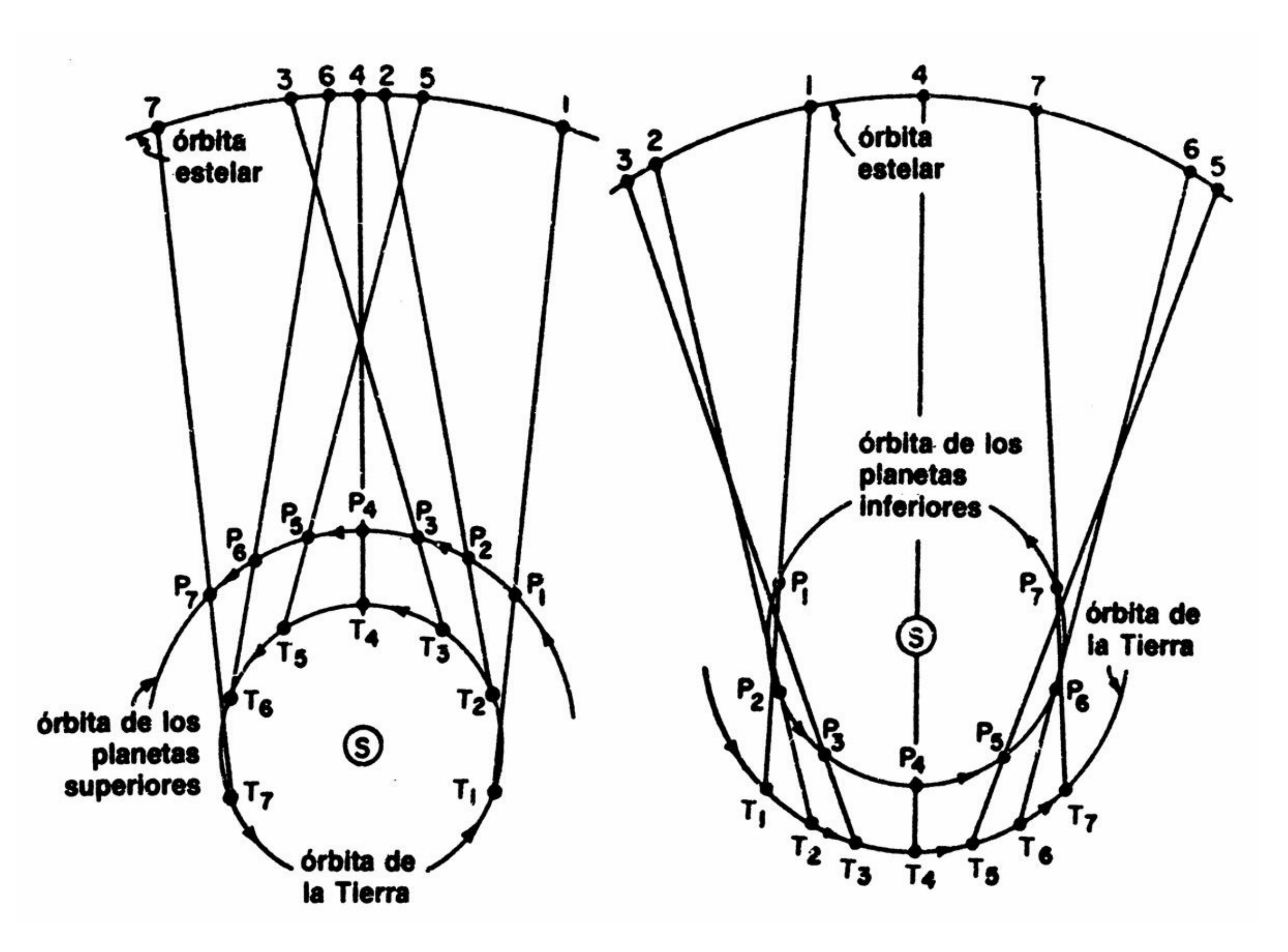


FIGURA V.7. *En el sistema copernicano, el movimiento retrógrado se explica en función de los movimientos de la Tierra y el otro planeta observado. También en este caso se observan aparentes retrocesos en las trayectorias planetarias —vistas contra el fondo de las estrellas—. De Thomas S. Kuhn,* The Copernican Revolution *(Cambridge, Mass., Harvard University Press, 1957), p. 165. Copyright 1957, por el rector y los profesores asociados de Harvard College.*

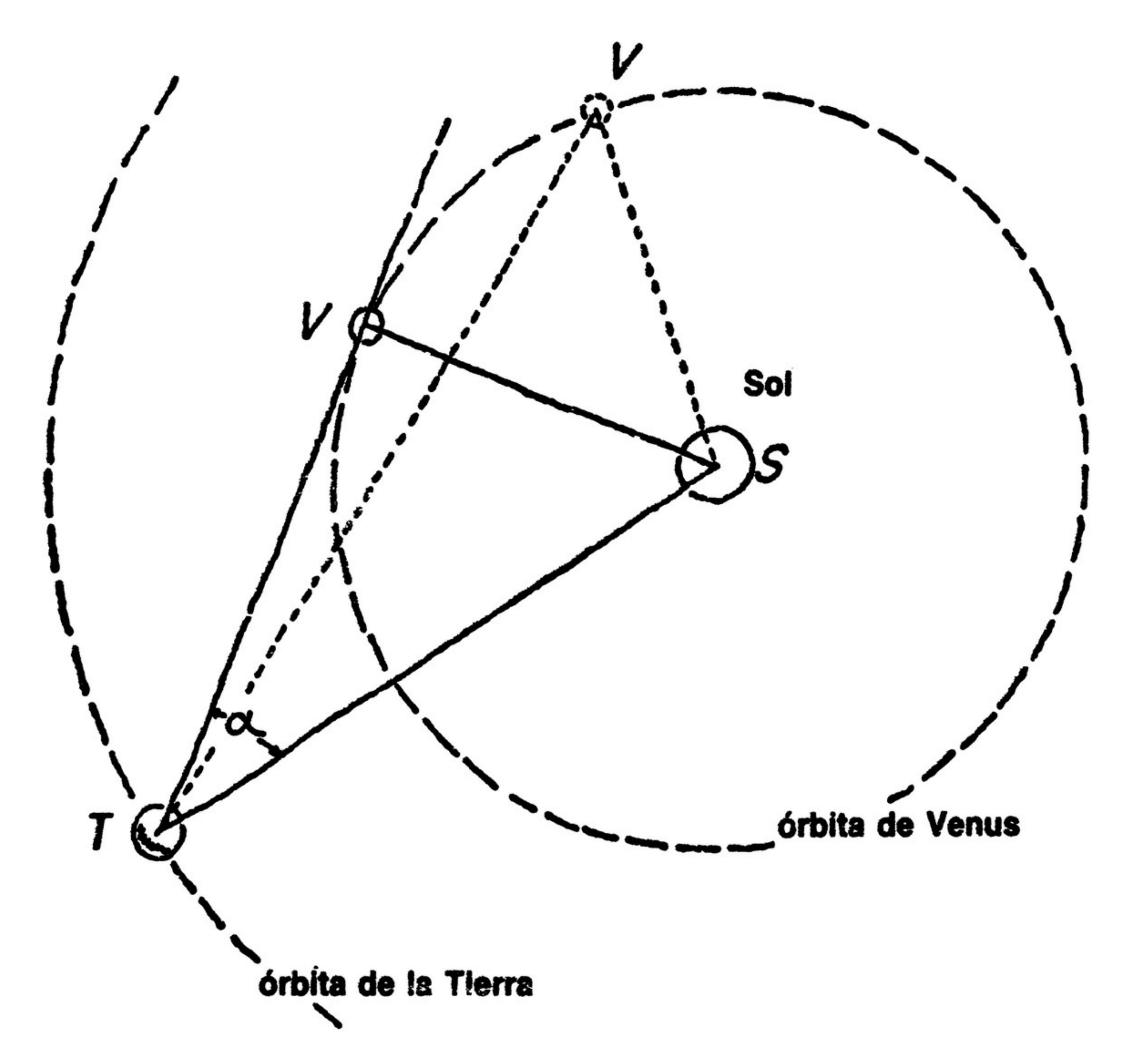


FIGURA V.8. *El sistema copernicano permitió determinar realmente las distancias relativas de los planetas. En él, el valor máximo del ángulo alfa sólo puede darse cuando la línea visual de la Tierra a Venus es tangencial a la órbita de Venus. Conociendo los tres ángulos no es difícil determinar el radio orbital de Venus (o de cualquier otro planeta) comparándolo con el de la Tierra. De I. Bernard Cohen,* The Birth of a New Physics. *Copyright 1960, Educational Services, Inc. Reproducido con la autorización de Doubleday & Company, Inc.*

LA PARALAJE ESTELAR Y EL TAMAÑO DEL UNIVERSO

Pero si la nueva explicación de la retrogresión constituía un triunfo de la teoría copernicana, otros problemas siguieron preocupando a los astrónomos de fines del siglo XVI. Las leyes físicas de una Tierra en movimiento sólo habrían de descubrirse hasta el siglo siguiente, mas la cuestión de la paralaje estelar iba a

ocupar la atención de muchos astrónomos del siglo XVI. Si la Tierra giraba anualmente alrededor del Sol, se razonaba, el observador debía experimentar un cambio cuantificable en su visión de una estrella dada, por lo menos en el caso de que la magnitud del universo fuera del orden sugerido por los antiguos. Pero no se percibía ninguna variación angular semejante en intervalos de seis meses. Por consiguiente, a muchos les parecía que la Tierra debía estar en reposo, y los partidarios de Copérnico tuvieron que replicar que el universo era sumamente mayor de lo que los astrónomos se habían imaginado antes (fig. V.9). Aceptar las teorías de Copérnico implicaba asimismo asumir una posición respecto de las dimensiones del universo.

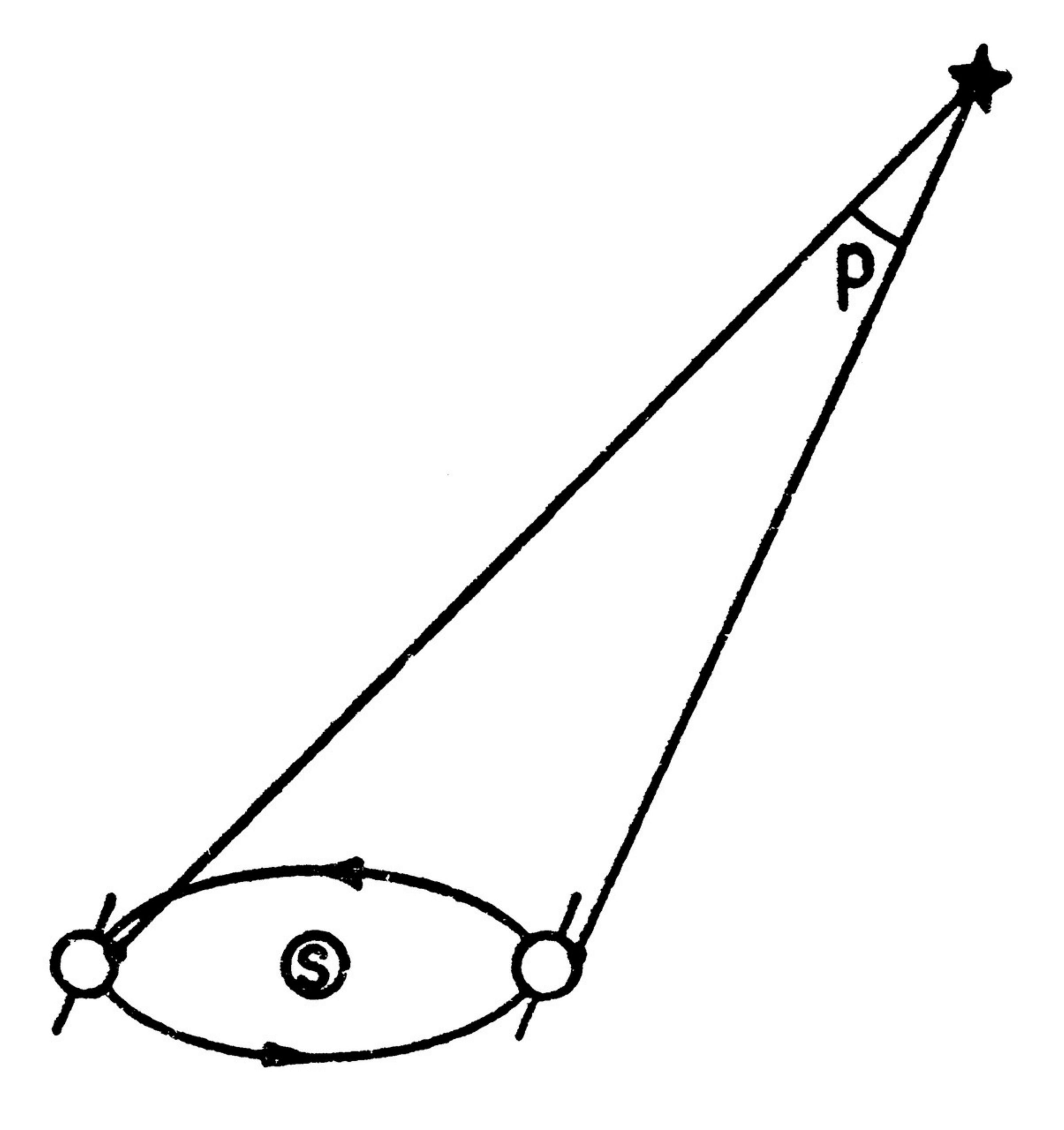


FIGURA V.9. *En el siglo XVI no se pensaba generalmente que las estrellas pudieran hallarse a una distancia increíblemente grande respecto de la Tierra. Por tanto, si el centro de nuestro sistema era el Sol, al ocupar la Tierra distintas posiciones en intervalos de seis meses, las estrellas se verían necesariamente en distintos ángulos de elevación. El ángulo anual de la paralaje no se determinó realmente hasta 1838. De Thomas S. Kuhn,* The Copernican Revolution *(Cambridge, Mass., Harvard University Press, 1957), p. 162. Copyright 1957, por el rector y los profesores asociados de Harvard College.*

Esta discusión tenía sus antecedentes. El Cusano había descrito un universo infinitamente extenso, y Giordano Bruno (¿1548?-1600), quien había escrito acerca de un mundo infinito y descentralizado, había propuesto un sistema similar. De esta manera "se magnifica la excelencia de Dios y se manifiesta la grandeza de su reino; Él es glorificado, no en uno, sino en incontables Soles; no en una sola Tierra, sino en miles de ellas, qué digo, en un infinito de mundos". Bruno sentía que había elevado a la Tierra a un nuevo nivel, el de las estrellas. Pero agregaba que nuestra Tierra giraba alrededor de nuestro Sol y, de un modo similar, un número infinito de Tierras hacían lo mismo en un número infinito de sistemas solares.

Las opiniones temerarias de Bruno se inscribían en un contexto de misticismo neoplatónico y hermético. Y si sus opiniones se mezclaban con especulaciones teológicas, igualmente discutibles, que iban a ser la causa de que muriera en Roma en la hoguera, su rechazo de la esfera inmóvil de las estrellas fue recibido por otros con reacciones mucho menos adversas. En Inglaterra, Thomas Digges (¿1543?-1595) parafraseó el primer libro del *De revolutionibus,* el que añadió a guisa de apéndice a una nueva edición que se hizo en 1576 de un almanaque perpetuo (fig. V.10). Es la suya la exposición más importante del nuevo sistema cosmológico que se hizo en Inglaterra en el siglo XVI, y es importante también porque Digges eliminaba la esfera inmóvil de las estrellas, señalando que el "orbe de las estrellas" está "fijo infinitamente arriba" y "se extiende en altitud esféricamente". Por tanto, es inmóvil ese "palacio de la felicidad adornado con luces perpetuas, brillantes y gloriosas", las cuales son innumerables y "aventajan con mucho a nuestro Sol tanto en cantidad como en calidad". Ésa es "la corte misma de los ángeles celestiales, libre de dolor y plena de gozo perfecto e inacabable, la morada de los elegidos".

A perfit description of the Cælestiall Orbes,
according to the most auncient doctrine of the Pythagoreans. &c.

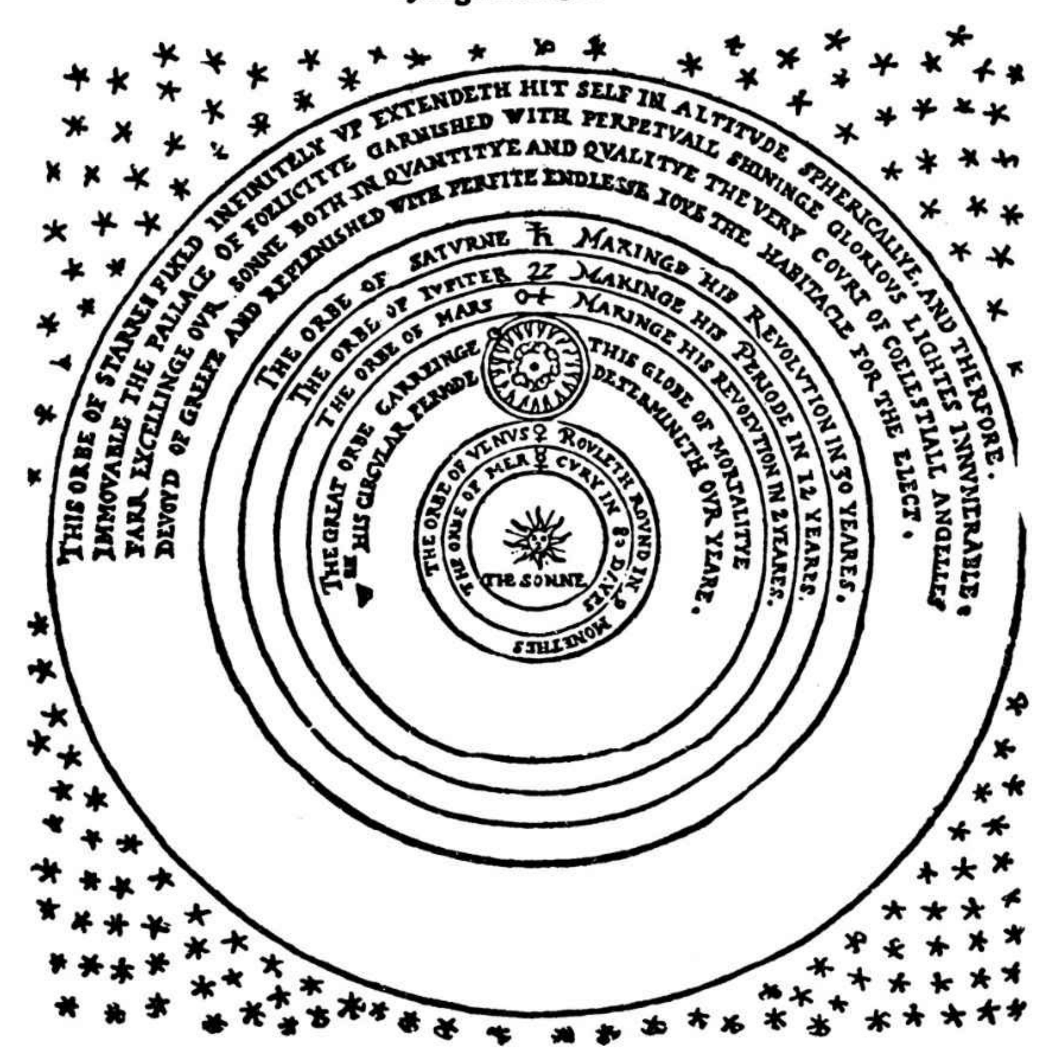


FIGURA V.10. *El infinito universo copernicano de Thomas Digges. De Francis R. Johnson,* Astronomical Thought in Renaissance England: A Study of the English Scientific Writings from 1500 to 1645, *p. 166. Copyright 1937, The Johns Hopkins University Press.*

El diagrama de Digges, a su vez, pudo haber influido en su compatriota William Gilbert (1540-1603), cuyo *De magnete* (1600) sigue siendo un clásico del método experimental. Como muchos autores del siglo XVI, Gilbert fue mucho más allá de los límites de la ciencia tal como nosotros la entendemos. Para él era evidente que los efectos simples de la piedra imán podían generalizarse y permitían una interpretación de toda la Tierra. En su descripción, la Tierra era un imán y el magnetismo se comprendía mejor cuando se le concebía como una fuerza animista. Negándose a aceptar todo el sistema copernicano, Gilbert suscribía la teoría de la rotación diurna de la Tierra porque no creía que los cielos

pudiesen realizar una revolución completa en un solo día. De modo análogo, rechazaba la antigua esfera estelar, y en su *De mundo sublunari* (obra póstuma que no se publicó hasta 1651) representaba a las estrellas diseminadas por todo el firmamento infinito de un modo similar al descrito por Thomas Digges (fig. V.11).

Pero si para resolver el problema de la paralaje muchos se habían visto obligados a aceptar un universo infinito —o, por lo menos, sumamente extendido —, otros intentaron mantener un universo geocéntrico que fuese compatible con las nuevas observaciones astronómicas, cada vez más precisas. Entre estos astrónomos destaca el danés Tycho Brahe (1546-1601). Hijo de un noble, había recibido una excelente educación en las universidades del norte de Europa y parecía destinado a una carrera política. Pero, atraído inicialmente por la química, montó un laboratorio, sólo para ser confundido en 1572 por la aparición de una "nueva" estrella (se trataba en realidad de una supernova). Esa supernova tenía una importancia capital para todos los astrónomos europeos, pues su aparición significaba claramente que había ocurrido un cambio en los cielos. Los astrónomos tradicionalistas se apresuraron a declarar que ese acontecimiento debía haber sucedido necesariamente en las imperfectas regiones sublunares, ya que el cambio era inconcebible en las regiones superiores de nuestro mundo. Mas, si esa nueva estrella existía realmente en las regiones inferiores (y estaba relativamente cerca de la Tierra), entonces debía ser posible localizar su paralaje. Tycho, observador brillante y sistemático, intentó determinar esa paralaje, mas no lo consiguió. Entonces, esa nueva estrella debía hallarse a una distancia enorme de la Tierra. Y, por consiguiente, contrariamente a la opinión aceptada, el cambio era posible en las regiones supralunares.

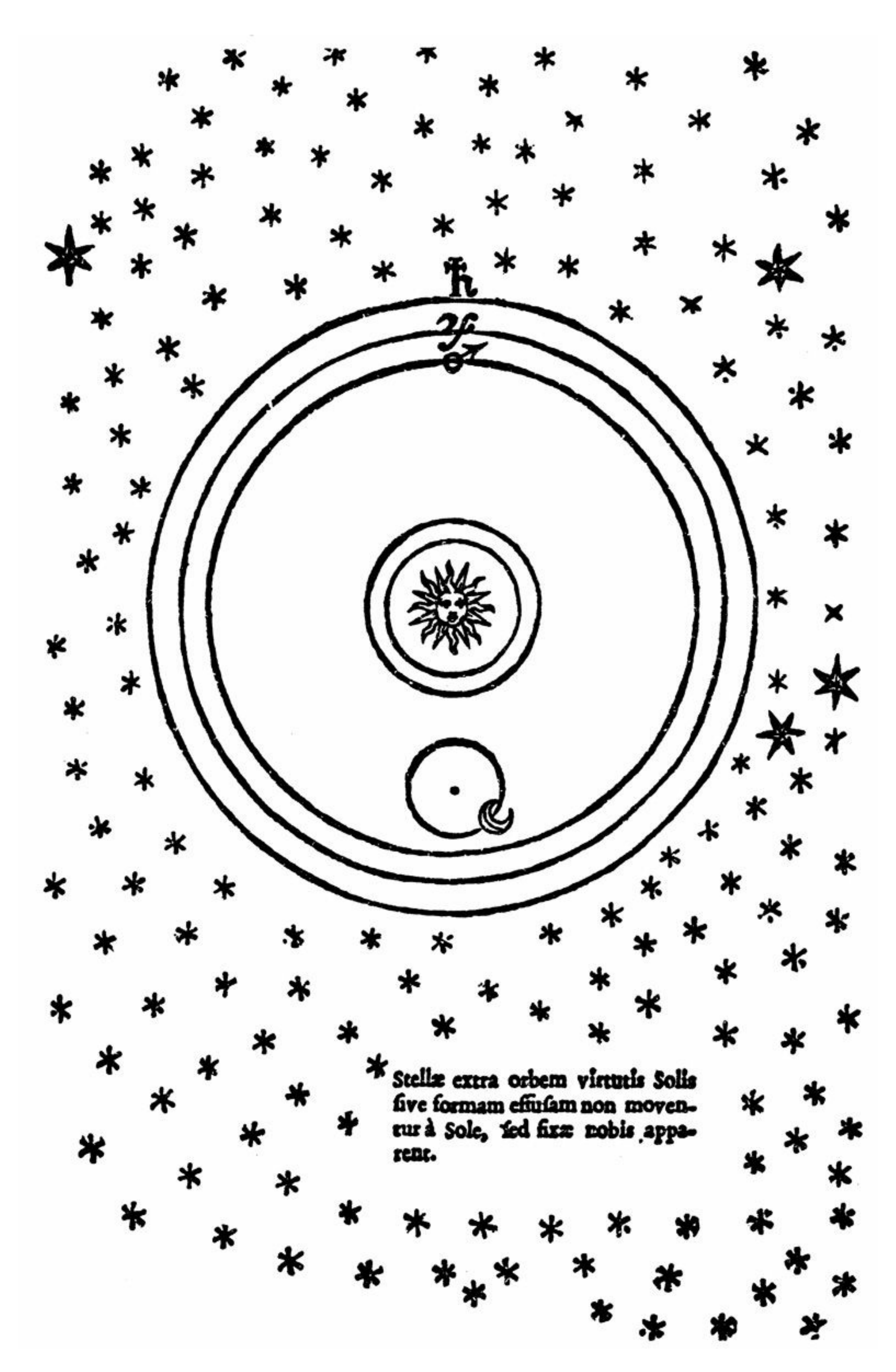


FIGURA V.11. *William Gilbert —al igual que Digges— rechazaba la esfera tradicional de las estrellas fijas. De su libro,* De mundo sublunari philosophia nova, *publicado póstumamente en Ámsterdam (1651). Cortesía de la Newberry Library, Chicago.*

No menos importante para la cosmología fue la serie de cometas que observó Tycho entre 1577 y 1596. En ninguno de los casos pudo encontrar la paralaje, lo cual ponía en entredicho una vez más la doctrina de la inmutabilidad de los cielos. Más problemático aún para la astronomía tradicional era el hecho de que esas observaciones exigían aceptar el movimiento de esos cometas a través de un espacio que anteriormente se había creído ocupado por esferas cristalinas. Por lo mismo, cada vez era más difícil aceptar la existencia de esas esferas como realidades físicas.

Pero, si bien sus observaciones contribuían al debilitamiento de la antigua cosmología, Tycho se resistía a aceptar la teoría copernicana. Sobre todo, la ausencia de paralajes estelares hacía necesario suponer una distancia entre las órbitas planetarias y las estrellas demasiado grande para que él la aprobara. En vista de ello, y adoptando una posición conciliatoria, mantuvo estacionaria a la Tierra con su satélite lunar girando a su alrededor, pero sostuvo el movimiento circular del Sol alrededor de la Tierra —y el movimiento circular de los demás planetas alrededor del Sol (fig. V.12)—. De ese modo se conservaba la esfera de las estrellas fijas a la que parecía ser una distancia razonable de la Tierra, el Sol y los planetas. Matemáticamente, ese sistema era similar al de Copérnico y, para asegurar la exactitud de su sistema, Tycho seguía utilizando los distintos artificios circulares de Ptolomeo. No obstante, Tycho había esquivado la dificultad de enfrentarse al problema de una nueva física del movimiento —problema que se tornaba cada vez más difícil al finalizar ese siglo—.

DESENTRAÑAR LOS MISTERIOS DE LAS ÓRBITAS PLANETARIAS

Tycho Brahe fue reconocido unánimemente como el principal astrónomo experimental de Europa. No sólo realizó observaciones regulares de los planetas y preparó el camino para un conjunto de tablas estelares más exactas que las que se habían redactado hasta entonces, sino que inventó y perfeccionó instrumentos de observación que superaban en dimensiones a los construidos en cualquier época anterior. Este equipo fue instalado en un castillo-observatorio construido en Hveen por el rey de Dinamarca. Allí un cuerpo de ayudantes observaba las estrellas por las noches mientras otros estudiaban “astronomía terrestre” (química) en los grandes laboratorios químicos situados en los pisos inferiores.

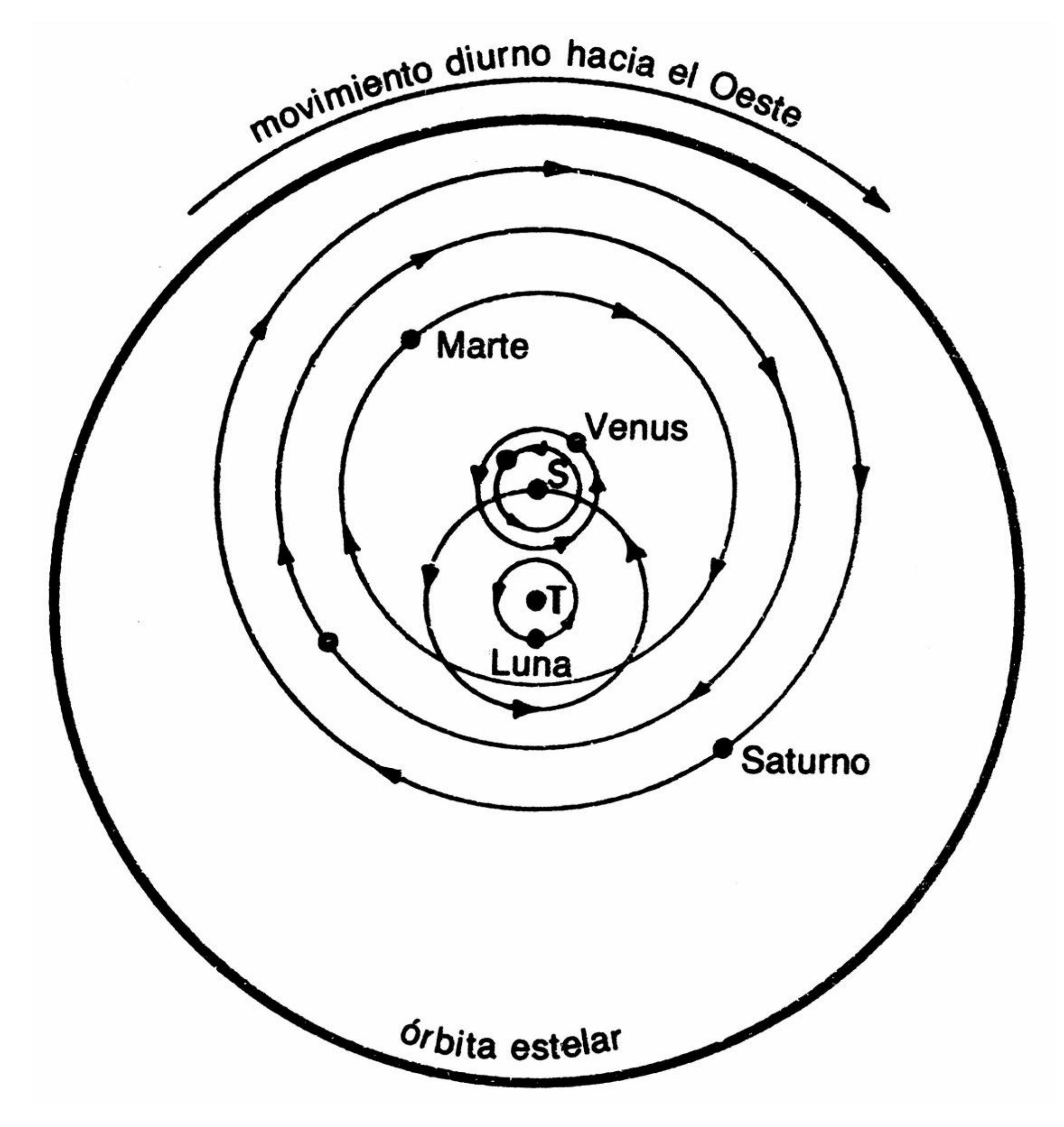


FIGURA V.12. *El sistema cosmológico de Tycho Brahe, mostrando una Tierra central alrededor de la cual giran la Luna y el Sol. El Sol, a su vez, está rodeado por las órbitas de los demás planetas. De Thomas S. Kuhn,* The Copernican Revolution *(Cambridge, Mass., Harvard University Press, 1957), p. 202. Copyright 1957, por el rector y los profesores asociados de Harvard College.*

Reconociendo su preeminencia en ese campo, en 1596 un joven alemán envió a Tycho una copia de su primera obra. Ese joven era Johannes Kepler, quien con el tiempo habría de ser el heredero y el más célebre discípulo de Tycho. Kepler había abrazado las teorías copernicanas desde muy temprana edad. Enviado a estudiar a Tubinga, había asistido a las cátedras de astronomía de Michael Maestlin (1550-1631). Aunque esas cátedras estaban basadas en teorías ptolemaicas, Kepler contaba más tarde que Maestlin también había discutido la obra de Copérnico. La nueva astronomía atrajo al estudiante; cuando se trasladó a Graz (1594) para ocupar un puesto como matemático (y astrólogo), había iniciado ya una obra sobre la astronomía copernicana.

Ese primer libro de Kepler era el que más tarde habría de enviar tanto a Tycho como a un todavía oscuro profesor de matemáticas italiano, Galileo Galilei. Dicha obra mostraba el gran talento matemático de Kepler y su persistente interés por las relaciones místicas. Intitulada *Mysterium cosmographicum* (1596), en ella Kepler encontraba su primera respuesta en su búsqueda de un orden matemático universal. Convencido de que debía existir una correlación consistente entre las órbitas planetarias, calculó una y otra vez sus distancias respecto del Sol. Llegó a la conclusión de que todos los planetas guardaban una clara relación con los cinco sólidos regulares. Por lo tanto, pensó, el universo podía representarse exactamente con el Sol en el centro y las esferas planetarias de Mercurio, Venus, la Tierra, Marte, Júpiter y Saturno separadas entre sí sucesivamente por un octaedro, un icosaedro, un dodecaedro, un tetraedro y un cubo (fig. V.13). Este resultado refleja claramente el interés que había en esa época por el misticismo numérico neopitagórico. Para Kepler ese descubrimiento era fundamental, pues mostraba el orden matemático del universo.

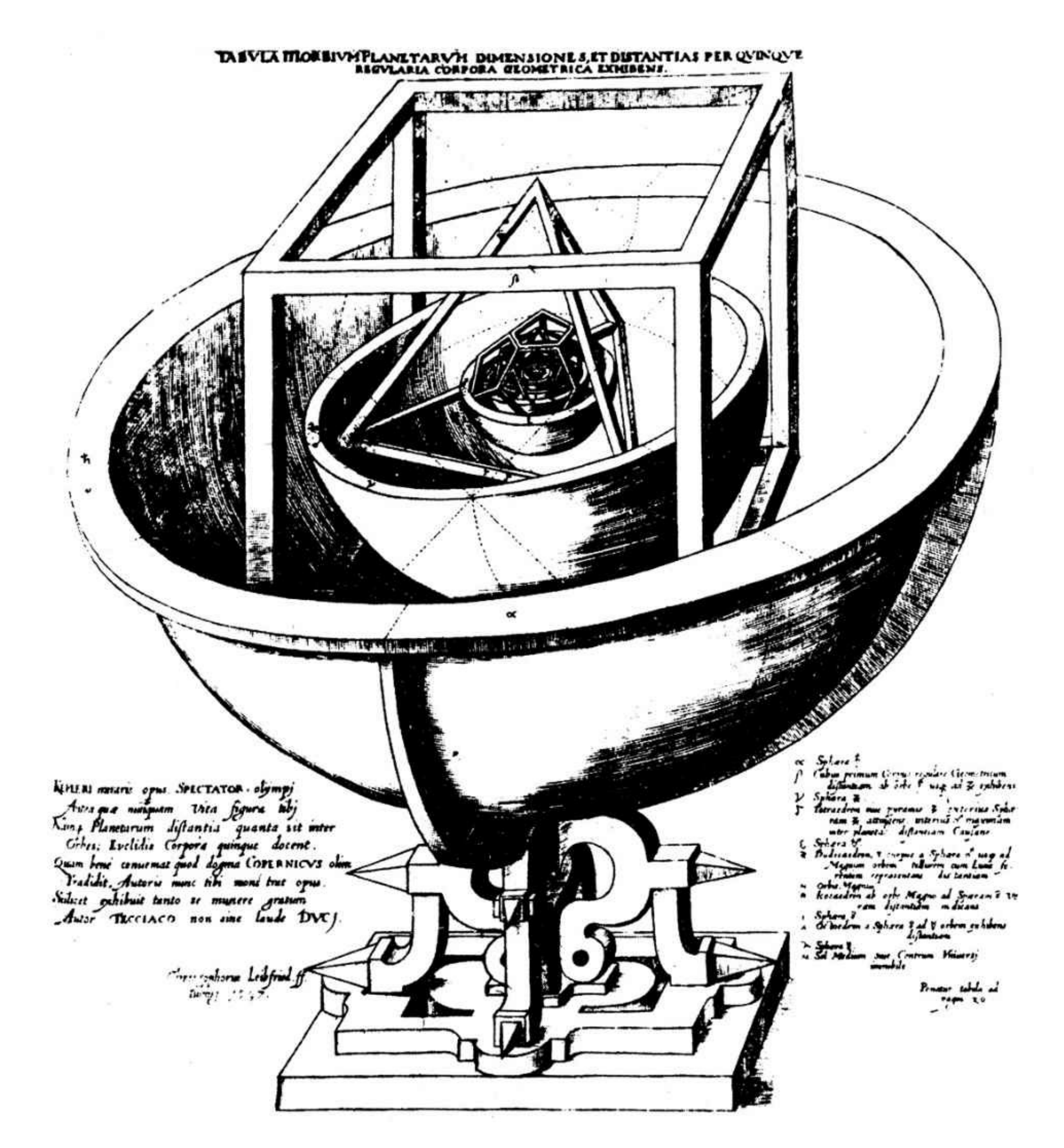


FIGURA V.13. *El modelo de Kepler de las órbitas planetarias limitadas por los sólidos regulares*. De Mysterium cosmographicum *(1596). Cortesía de The Joseph Regenstein Library, The University of Chicago*.

Kepler y su libro impresionaron favorablemente a Tycho, tanto, que éste ofreció al primero un puesto en Hveen. Kepler declinó la invitación, prefiriendo permanecer en Graz, pero en los años siguientes el ambiente religioso se volvió cada vez más peligroso para un protestante como él y, finalmente, en 1600 decidió abandonar Graz. Para entonces Tycho se había trasladado de Dinamarca a Praga, sede de la Corte del emperador Rodolfo II (que reinó de 1576 a 1612). Ese lugar se había convertido en un centro para los intelectuales europeos. Desde que había subido al trono, Rodolfo había fomentado el estudio de todas las ciencias (incluyendo la alquimia y la astrología). John Dee había residido mucho tiempo en esa Corte, y siempre había allí numerosos alquimistas y astrólogos. Aunque Tycho había sido nombrado matemático imperial,

probablemente había sido tan bien recibido como químico que como astrónomo. Su posición le daba el privilegio de contar con asistentes, y fue justamente entonces cuando Kepler le escribió preguntando si aún deseaba emplear su talento. Después de recibir confirmación de que seguía en pie la oferta anterior de Tycho, Kepler emprendió el viaje a la corte imperial.

En Praga Kepler tuvo acceso al cúmulo de observaciones planetarias realizadas por Tycho, y antes de que éste muriera en 1601 había comenzado a estudiar los datos relativos a la órbita de Marte con la esperanza de reducir esa información a una regla matemática regular. En sus primeros intentos empleó los artificios ptolemaicos tradicionales, tales como los epiciclos y los círculos excéntricos. No obstante, los resultados no fueron tan buenos como los que esperaba obtener de los datos exactos de Tycho.

Abandonando ese enfoque, Kepler abordó entonces el problema del movimiento planetario. Los recientes estudios de los cometas habían mostrado la necesidad de desechar las esferas cristalinas y, en consecuencia, debía existir otra explicación. Influido por las fuerzas magnéticas de Gilbert, Kepler postuló un *anima motrix* solar similar al magnetismo de Gilbert, un alma motriz que emanaba del Sol, que movía a los planetas en el curso de su propia revolución axial. Esta fuerza, creía él, obedecía una ley según la cual actuaba en razón inversa del cuadrado de la distancia —pero sólo en el plano de la eclíptica—. El resultado de esas especulaciones puede encontrarse en la que hoy se conoce comúnmente como la segunda ley del movimiento planetario de Kepler, la que establece que una línea que parte del Sol a un planeta barre áreas iguales en tiempos iguales. Procediendo luego a estudiar matemáticamente esa *anima motrix,* concluyó que la órbita de Marte no era un círculo —una ruptura fundamental con la tradición, por cuanto el movimiento circular había expresado hasta entonces el concepto de la perfección de los cielos—. El estudio extenso de otras curvas posibles dio finalmente por resultado que esa trayectoria orbital fuese descrita como una elipse (primera ley). Estas dos conclusiones, expuestas primeramente en la *Astronomia nova* (1609), se basaban en postulados físicos que implicaban un universo vitalista. Sin embargo, Kepler confirmó la validez de esos resultados y procedió a aplicarlos a los demás planetas.

La tercera ley de Kepler, que apareció en 1619 en su *Harmonices mundi,* también era resultado de su búsqueda tenaz de las armonías universales de la naturaleza. En términos modernos, esta ley establece que los cuadrados de los tiempos empleados por dos planetas en su revolución alrededor del Sol son proporcionales a los cubos de sus distancias medias respecto del Sol. Descubrimiento brillante, desde nuestro punto de vista, pero para Kepler esa relación tenía un sentido todavía más profundo. Buscando literalmente una expresión matemática de las armonías del mundo, inicia esta obra con el estudio de los cinco sólidos regulares y sus proporciones armónicas. De ahí pasa a considerar las armonías musicales y su relación con el universo. El libro octavo

está dedicado al estudio de las cuatro clases de voces emitidas por los planetas (soprano, contralto, tenor y bajo), y la tercera ley del movimiento planetario forma parte de un libro que trata de la expresión de las claves de la escala musical y los géneros de consonancia mayor y menor. En suma, las leyes del movimiento planetario de Kepler fueron desarrolladas por un matemático magistral, pero si deseamos considerarlas en su verdadero contexto, deberemos examinarlas en relación con la concepción del mundo de Kepler en su totalidad.

Dos años más tarde, Kepler redactó un *Epítome* de la astronomía copernicana, donde tuvo oportunidad de reafirmar los resultados obtenidos en su anterior *Mysterium cosmographicum*. Dedicó sus últimos años principalmente a terminar las tablas planetarias de Tycho, las cuales aparecieron finalmente en 1627, tres años antes de su muerte.

EL PROBLEMA FÍSICO

Mucho de lo más significativo de la obra de Kepler estaba oculto, mezclado con sus especulaciones filosóficas, y sólo hasta mediados del siglo XVII encontramos a muchos sabios refiriéndose a las leyes de Kepler como fundamentos de la teoría planetaria. Mientras tanto, una serie de nuevos adelantos —asociados principalmente con la obra de Galileo Galilei— apresuraron la aceptación de la teoría copernicana.

Nacido y educado en Pisa, Galileo se interesó muy pronto por las matemáticas y la astronomía. Una profunda influencia ejerció en el joven sabio la obra de Arquímedes, cuya expresión matemática de los fenómenos físicos le pareció muy alejada de los escritos de Aristóteles. Criticó las obras de este último por su ausencia de matemáticas y por su confianza incondicional en la experiencia sensorial. Al menos en su juventud, Galileo no tenía ningún reparo en considerar la analogía macrocosmos-microcosmos como una expresión fiel de un mundo en el cual el Sol era el rey y el corazón de sus súbditos planetarios. Y, al igual que Kepler, Galileo intentó interpretar matemáticamente todo el universo, lo mismo la naturaleza que el mundo sobrenatural. En 1592 Galileo fue nombrado profesor de matemáticas de la Universidad de Padua, pero aún no se le conocía como astrónomo cuando recibió una copia del *Mysterium cosmographicum*. Pero, mientras Tycho había leído atentamente el libro y le había ofrecido a Kepler un puesto en Hveen, Galileo se limitó a acusar recibo de éste, comentando que él también estaba convencido de la verdad de la explicación copernicana del mundo. Nada indica que Galileo haya sido influido de alguna manera por Kepler y, pese a su interpretación matemática del movimiento local, seguía aferrado a los círculos para describir los movimientos del Sol, la Luna y los planetas.

Si bien existen varios tratados anteriores de Galileo, incluyendo una conferencia sobre el cometa aparecido en 1604, no escribió nada de verdadera

importancia hasta 1610, cuando su *Sidereus nuncius,* o *El mensajero sideral,* un folleto de 29 páginas, sorprendió a la comunidad intelectual de Europa. Estaba escrito en latín y ofrecía el primer informe que se había publicado de la observación de los cielos con ayuda del telescopio. Su escrito venía a apoyar poderosamente a quienes preconizaban el sistema copernicano.

Aunque hay datos que indican que el telescopio había sido bastante conocido por la generación anterior a la publicación del *Sidereus nuncius* —e incluso que anteriormente se habían realizado algunas observaciones astronómicas—, es indudable que Galileo fue el primero que describió sus descubrimientos en un impreso. En éste examinaba y dibujaba el paisaje lunar (fig. V.14). Y aun cuando su telescopio era poco potente, de acuerdo con nuestras normas, era lo suficientemente preciso para que, conociendo las dimensiones de la Luna, pudiera medir las sombras proyectadas por las montañas lunares y calculara su altura. Además, observó que el telescopio hacía visibles gran número de estrellas que nunca antes se habían visto. Y es especialmente interesante su descubrimiento de los satélites de Júpiter, a los que llamó las *estrellas mediceas,* en honor de la familia de gobernantes florentinos. Éstas giraban alrededor de ese planeta como un sistema solar en miniatura. Observaciones realizadas en los años siguientes habrían de revelar a Galileo el hecho importante de que Venus presentaba fases similares a las de la Luna. Esto sólo podía ocurrir si ese planeta giraba alrededor del Sol. La doctrina de la perfección de los cielos se debilitó aún más cuando declaró que en la superficie del Sol existían manchas que giraban, lo cual indicaba el movimiento axial de ese cuerpo celeste.

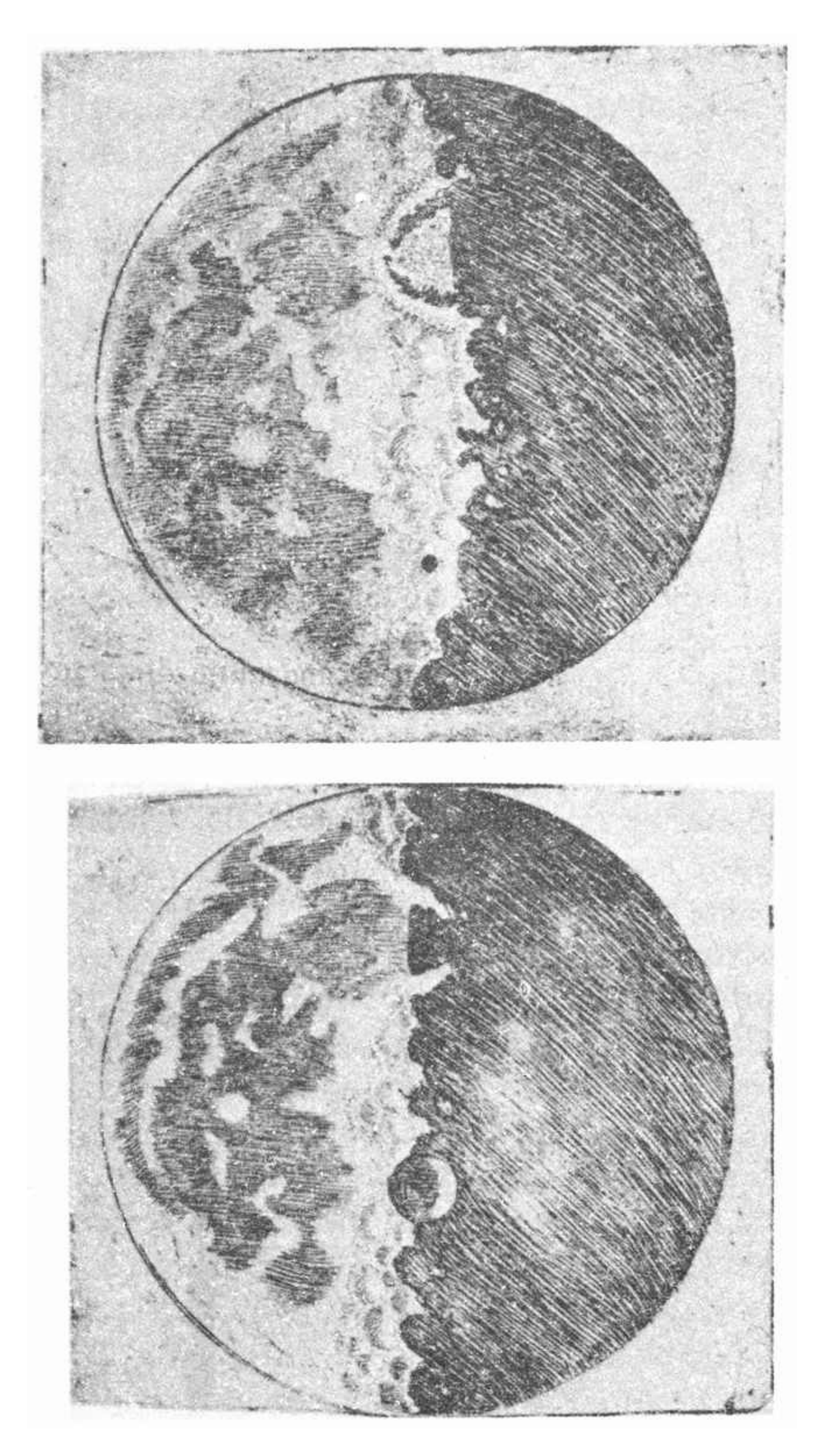


FIGURA V.14. *Ilustraciones de la Luna, de Galileo. Del* Sidereus nuncius *(1610). Cortesía de The Joseph Regenstein Library, The University of Chicago.*

El *Sidereus nuncius* tuvo el efecto deseado. En recompensa por haber bautizado a los satélites de Júpiter en honor de Cosme de Médici había sido nombrado filósofo del gran duque y ahora podía regresar a Florencia. Pero también se había vuelto una celebridad de la noche a la mañana, alguien a quien se comparaba con Colón y Vespucio por haber descubierto un nuevo mundo. Escribiendo acerca de los nuevos descubrimientos, Kepler se extasiaba: "¡Oh, telescopio, instrumento de tanto conocimiento, más preciso que cualquier cetro! Quien te tiene en su mano, ¿no es hecho acaso rey y señor de las obras de Dios?"

Las observaciones telescópicas de Galileo habían revelado la existencia en Júpiter de un sistema de satélites similar al sistema planetario de Copérnico y habían demostrado concluyentemente que Venus giraba por necesidad alrededor del Sol. Estas observaciones, junto con la franca defensa que hacía Galileo de la teoría heliocéntrica, ocurrían en tiempos difíciles para la Iglesia católica romana Y habrían de desatar la cólera de ésta sobre su cabeza. Hasta entonces la Iglesia había guardado silencio; pero ahora, en medio de su propio movimiento de reforma, comenzó a reaccionar ante las peligrosas implicaciones teológicas del sistema heliocéntrico del universo. Un siglo antes, Copérnico había sido invitado a participar en la proyectada reforma del calendario —y en 1551 sus métodos matemáticos de computación habían servido de base a un nuevo conjunto de tablas astronómicas elaboradas por Erasmo Reinhold (1511-1553)—. Mucho menos prometedora había sido la reacción inmediata del campo protestante. Martín Lutero (1483-1546) se refería a Copérnico como a un tonto que deseaba "trastornar toda la ciencia de la astronomía" (1539). Lo secundaba Philip Melanchton (1497-1560), quien citaba profusamente la Biblia en defensa de la concepción tradicional del mundo (1549):

> Los ojos son testigos de que los cielos giran en el espacio de veinticuatro horas. Pero ciertos hombres, ya sea por amor a la novedad, ya sea para hacer ostentación de su ingenio, han concluido que la Tierra se mueve; y sostienen que ni las ocho esferas ni el Sol giran [...] Ahora bien, es una falta de honestidad y decencia afirmar tales nociones públicamente, y el ejemplo es pernicioso. El deber de una mente sana es aceptar la verdad tal como ha sido revelada por Dios y regirse por ella.

En 1616 el Santo Oficio calificó la teoría heliocéntrica de "necia y absurda filosóficamente, y formalmente herética, por cuanto expresamente contradice las doctrinas de las Sagradas Escrituras en muchos puntos, tanto conforme a su sentido literal como conforme a la común exposición e interpretación de los santos Padres y Doctores". Semanas más tarde, el *De revolutionibus* fue incluido en la lista de libros prohibidos, y se advirtió a Galileo que se abstuviera de defender la teoría copernicana como una descripción de la verdadera constitución física del mundo.

Posteriores investigaciones de Galileo en torno de la teoría de las mareas lo convencieron de que ahora tenía pruebas del movimiento de la Tierra. Obrando en conformidad, planeó y escribió su obra capital, el *Diálogo sobre los dos*

sistemas principales del mundo (1632), donde contrastaba los sistemas de Ptolomeo y Copérnico. Se le otorgó permiso para publicarla, a condición de que discutiera el sistema copernicano exclusivamente en calidad de hipótesis. Eso fue lo que hizo, sólo que su discusión no fue del todo imparcial. En su diálogo, el exponente del sistema copernicano representaba a Galileo y a cada paso demolía uno tras otro los argumentos del defensor de la antigua astronomía. Y aunque al final del libro Galileo, obedientemente, aclaraba que todo lo que había dicho tenía un sentido hipotético, ciertamente había desoído la advertencia que se le había hecho en 1616. Así, no debe extrañarnos que fuera enjuiciado por la Inquisición y obligado a abjurar de su creencia en las tesis condenadas de Copérnico (1633). Confinado por el resto de sus días a su villa de Arcetri, siguió trabajando en su obra y en 1638 fueron publicados en Holanda sus *Discursos y demostraciones matemáticas concernientes a dos ciencias nuevas*.

Estos dos últimos volúmenes versaban principalmente sobre el problema del movimiento, al cual Galileo acertadamente consideraba inseparable de los sistemas cosmológicos que comparaba. No examinaremos en este lugar las opiniones de Galileo sobre el movimiento; basta señalar que desde la época de Copérnico se había comprendido la necesidad de resolver los problemas que representaba el movimiento local sobre una Tierra en movimiento. La investigación que realizó Galileo de las leyes de la cinemática y la dinámica no tuvo el éxito que alcanzó Newton en los *Principia,* pero se aproximó bastante al concepto moderno de inercia y logró explicar por qué una piedra dejada caer desde una torre cae al pie de ésta, por qué una pelota lanzada verticalmente hacia arriba por un sujeto en movimiento vuelve a caer en su mano y por qué dos jinetes cabalgando uno al lado del otro podían lanzarse pelotas el uno al otro sin que éstas cayeran hacia atrás a muchos pies de distancia. Si esas explicaciones eran correctas, quedaba invalidado entonces uno de los argumentos más convincentes en contra del movimiento diurno de la Tierra. La formulación matemática que llevó a cabo Galileo de las leyes del movimiento fue esencial para el desarrollo de la mecánica moderna y sirvió de base a la obra de Isaac Newton.

En 1642, cuando muere Galileo, el sistema copernicano aún no había sido aceptado universalmente. Muchos autores europeos se adherían todavía al sistema de Tycho, posición que ciertamente seguía siendo la más segura en los países católicos. Con todo, el escenario astronómico había cambiado radicalmente desde la época de Georg Peuerbach. Éste había reconocido la necesidad de contar con un texto más fiel de Ptolomeo y el resultado había sido el *Epítome* de 1496. Y el cuidadoso estudio que había hecho Copérnico de Ptolomeo había conducido a su vez a una refundición de la astronomía ptolemaica en forma heliostática. No obstante, ello había traído consigo una nueva serie de problemas tanto para los astrónomos como para los filósofos naturales, problemas cuya solución sería objeto de polémicas en el siglo posterior a la

muerte de Copérnico. La búsqueda de una paralaje estelar mensurable seguiría siendo infructuosa hasta el siglo XIX, pero quienes se inclinaban por el sistema copernicano en el siglo XVI no parecen haber tenido mucha dificultad para aceptar un universo sumamente agrandado y, para algunos, infinito. Tycho sostuvo un sistema geostático con una esfera de estrellas fijas, pero hasta él tuvo que ordenar a los demás planetas en un sistema heliocéntrico.

El poder de la matemática quedó demostrado claramente por los científicos que hemos examinado en este capítulo. Copérnico dio verosimilitud a su obra cuando trató matemáticamente los datos recogidos por Ptolomeo, e insistía en que toda la astronomía era un asunto propio de matemáticos. Tycho reconoció inmediatamente el genio matemático de Kepler, y éste y Galileo demostraron su capacidad de análisis en sus enfoques matemáticos. Y, sin embargo, es en Kepler donde encontramos el mejor ejemplo de la paradoja científica del Renacimiento —el excelente matemático cuya inspiración se derivaba de su creencia en las armonías místicas del universo. Esa mezcla embriagadora de misticismo y matemáticas está muy lejos de la ciencia moderna, pero constituyó un ingrediente esencial de su nacimiento.

VI. NUEVOS MÉTODOS Y UNA NUEVA CIENCIA

EL XVI fue un siglo de paradojas. Fue un periodo de profunda veneración por la autoridad de los antiguos, veneración que estimuló a algunos de los más renombrados eruditos de la época. El humanismo científico tiene tal vez sus mejores representantes en Peuerbach y el Regiomontano en la astronomía, y Linacre y Guinter de Andernach en la medicina. La obra de Copérnico y Vesalio sencillamente no podría entenderse fuera de un contexto ptolemaico o galénico. Y, todavía un siglo después, William Harvey se consideraba aristotélico y proclamaba su deuda con Galeno. No obstante, para esas grandes figuras de la Revolución Científica el respeto y la admiración por los antiguos no excluía su rectificación. Esta característica del humanismo dio origen a un caudal cada vez más abundante de adiciones y enmiendas que, andando el tiempo, habrían de hundir y derrocar a aquellas autoridades que la nueva obra pretendía sostener.

Pero ese nuevo cúmulo de información procedía también de una fuente menos idónea. El humanismo renacentista no sólo había resucitado la autoridad de Ptolomeo y Galeno, sino asimismo la de Hermes Trismegisto. Con el *Corpus hermeticum* había surgido una nueva veneración por la alquimia, la magia natural y la astrología. Y si una de las tendencias del humanismo había fomentado un retorno al estudio de las principales corrientes científicas y médicas del helenismo, la otra preconizaba la recuperación de la *prisca theologia* que presumiblemente había conocido el hombre antes de la Caída. La obra de Aristóteles, Galeno y sus seguidores no inspiraba sino desconfianza a los herméticos. La verdadera ciencia, sostenían, solamente podía encontrarse en los escritos de aquellos magos y alquimistas posteriores que habían percibido las verdades eternas implícitas en sus esfuerzos. En el caso de Paracelso, para arribar a una verdadera filosofía de la naturaleza era menester destruir la autoridad de los antiguos y remplazarla con el conocimiento divino que podía obtenerse mediante una nueva investigación —inspirada en gran parte en la química— del universo creado por Dios. En suma, si bien la obra de muchos astrónomos, matemáticos y físicos del Renacimiento se basaba en los autores helenísticos del periodo que va de Aristóteles a Ptolomeo y Galeno, para otros la posibilidad de alcanzar la verdad se hallaba únicamente en una derrota total de la ciencia y la medicina escolásticas.

A pesar de que algunos reconocían el valor de la obra de los antiguos, al finalizar el siglo XVI era cada vez más común que los eruditos pensaran en función de una nueva filosofía. Ya en 1536 Petrus Ramus había sostenido la tesis de que "todo lo que declara Aristóteles [...] es falso". En años posteriores habría de dedicar sus mayores esfuerzos al desarrollo de un nuevo sistema de lógica que iba a tener una gran influencia —una obra que iba dirigida contra los cimientos mismos del escolasticismo—. Y ya hemos visto cómo, a fines de ese siglo, Bernardino Telesio impugnaba el aristotelismo medieval en su academia de Cosenza. Insistía en que, en lugar de repetir meramente a Aristóteles, debían emprenderse nuevos estudios de la naturaleza como una base para fundar el conocimiento. Hemos visto también que el estudio del imán era para William Gilbert la base de una explicación del sistema del mundo. Gilbert estaba plenamente consciente de que su obra era "algo nuevo, casi desconocido hasta [entonces] [...] Por tanto, nosotros no citamos para nada ni a los antiguos ni a los griegos en nuestro apoyo". Y hasta William Harvey, pese al profundo respeto que sentía por Aristóteles y Galeno, reconocía: "Aprendo y enseño anatomía, no de los libros, sino de las disecciones, no de las posiciones de los filósofos, sino de la fábrica de la naturaleza".

Mas, ¿cómo se debía proceder? ¿Debía limitarse el sabio a recoger, sin discriminar, una multitud de nuevos datos, o se debía concebir un nuevo plan y un nuevo método de análisis para fundar una nueva filosofía de la naturaleza? Harvey no veía ningún inconveniente en resumir los *Segundos analíticos* de Aristóteles para orientar a sus lectores, pero muchos habrían desaprobado su actitud. La gama de las ideas expuestas en esa época puede ilustrarse con la obra de tres hombres: Bacon y Descartes, quienes expresamente buscaban una "nueva filosofía", y Galileo, cuya metodología habremos de mostrar mejor con ayuda de un ejemplo.

FRANCIS BACON

La obra de Francis Bacon ha atraído siempre la atención de los historiadores. Canciller de Inglaterra, fue el principal arquitecto político del programa de Jacobo I en el Parlamento hasta que en 1623 se descubrió que recibía sobornos. Ha sido sumamente apreciado por los críticos literarios por sus *Essays* y sus obras históricas, pero sus mayores esfuerzos estuvieron encaminados a reformar nuestro conocimiento de la naturaleza. En efecto, su inconclusa *Gran restauración* ejerció tanta influencia en la segunda mitad del siglo XVII que, sin exagerar, podríamos caracterizar mucha de la labor desarrollada entonces por las incipientes sociedades y academias científicas como baconiana en espíritu.

Pero aunque Bacon fue señalado por mucho tiempo como el abanderado del método inductivo en la ciencia, recientes investigaciones han puesto de

manifiesto su profunda deuda con fuentes inesperadas. Versado en la literatura de la magia natural y la alquimia, Bacon deploraba el misterio que tradicionalmente había envuelto a esos temas y sostenía que el verdadero mago debía hacer públicos sus descubrimientos. Mas, agregaba, la magia natural no es una práctica ociosa sino "ciencia que aplica el conocimiento de las formas ocultas a la producción de operaciones maravillosas; y al unir (como dicen) lo activo con lo pasivo revela las obras maravillosas de la naturaleza". ¡Cuán semejantes son sus palabras a las de John Dee o Paracelso!

Por otra parte, Bacon concordaba con muchos de sus contemporáneos alquimistas y herméticos respecto de la búsqueda y posible recuperación del conocimiento prístino que había poseído Adán. Por esta razón estudiaba detenidamente los mitos de la Antigüedad, en los que veía un vínculo con las tradiciones humanas más antiguas. Así, interpretaba alegóricamente la leyenda de Saturno desde el punto de vista del atomismo de Demócrito y describía la búsqueda funesta de Eurídice por Orfeo como un símbolo de la premura infructuosa de quienes abandonan la experimentación en su búsqueda del conocimiento. Y el mito de Cupido (la materia) se volvía en sus manos un análisis de los sistemas de los presocráticos, fundados en los elementos.

La creencia de Bacon en la sabiduría adánica estaba asociada con otra característica paracelsista, igualmente reconocible: el rechazo absoluto de Aristóteles. Convencido de que se inauguraba una nueva era histórica, impugnaba el escolasticismo por su esterilidad y su empeño en mantener, a toda costa, la autoridad de los textos establecidos en lugar de buscar el indispensable progreso que tan admirablemente se veía en las artes mecánicas. El culpable era Aristóteles, pues éste había combatido y rechazado la obra de los primeros filósofos, rompiendo así el último vínculo con ese conocimiento prístino tan necesario para la humanidad. Además, había subordinado la ciencia a la lógica y había realizado experimentos con el único fin de avalar conclusiones preconcebidas. Y, finalmente, su filosofía había sido incorporada a la religión y utilizada para apoyar a la Iglesia romana. Apenas podía creerse que se siguiera dando tanto crédito a la obra de ese hombre y que tan pocas cosas se hubieran descubierto desde su época.

¿Qué debía hacerse? El primer paso era desechar el *corpus* griego acumulado junto con sus más recientes comentarios o, por lo menos, comenzar a examinar esas obras sin la ciega reverencia que tan a menudo mostraban los escolásticos. Luego, los eruditos debían comenzar a integrar un nuevo catálogo de hechos, observaciones y experimentos. Todo ello debía hacerse con sumo cuidado, pues sólo hasta que se hubiese concluido esa tarea podrían abstraerse con relativa facilidad las verdaderas teorías y leyes naturales.

Pero en esa empresa debía seguirse un plan definido. Para Bacon los empiristas puros eran semejantes a las hormigas, hombres que no hacían sino acumular vastas colecciones de datos. Los filósofos no eran mejores y eran

comparables a las arañas que, con su lógica, tejían intrincadas telarañas extraídas de sus propios cuerpos. Los verdaderos científicos, explicaba, se asemejaban a las abejas, que extraen el néctar de las flores para transformarlo en miel, útil para todos. La nueva filosofía que proponía Bacon sería experimental, pero sus experimentos tendrían que escogerse con sumo cuidado y registrarse con todos sus detalles. Enumerando más de 130 temas y procesos importantes dignos de examen, insistía en la necesidad de contar con un gran agregado de datos clasificados rigurosamente. Para cada uno de ellos habría una lista de casos positivos (donde se presentaba el fenómeno), una lista de casos negativos (donde estaba ausente) y una lista de grados de comparación (donde el fenómeno variaba de acuerdo con otros factores). Bacon pensaba que con ayuda de esas listas iniciales se podría arribar al conocimiento, excluyendo las hipótesis improbables y verificando el resto.

El concepto *método científico* de Bacon era esencialmente experimental y cualitativo y enteramente inductivo. Al igual que los paracelsistas, desconfiaba de las matemáticas. Y aunque sostenía que la matemática debía aplicarse a la física para obtener mejores resultados en la investigación de la naturaleza, también se quejaba de que su empleo solía conducir a excesos y, efectivamente, sentía que los matemáticos comenzaban a dominar —indebidamente— ese campo.

Anunció su obra proyectada en *The Advancement of Learning* (1605). Esta obra serviría de introducción general a su *Gran restauración del conocimiento,* la cual iba a comprender además un análisis exhaustivo del método científico (el *Novum Organum,* 1620) y una vasta enciclopedia de conocimientos empíricos y datos experimentales cuyo volumen, según estimaba, sería seis veces mayor que el de la *Historia natural* de Plinio. Las secciones finales incluirían un examen de las teorías científicas anteriores y contemporáneas, además de la nueva filosofía natural que habría de surgir de los materiales acumulados.

Sobra decirlo, el proyecto era demasiado ambicioso para que él —o algún otro — pudiera ni remotamente realizarlo. Y si *The Advancement of Learning* y el *Novum Organum* se terminaron, muchas otras secciones ni siquiera se intentaron —o existen cuando mucho en forma de materiales introductorios o secciones breves—. Con todo, el sueño de una ciencia surgiendo de una plétora de datos iba a inspirar a muchos autores del siglo XVII que consideraban a Bacon como su guía. Para muchos de esos baconianos, una obra póstuma, *Sylva silvarum* (1627), era su legado más preciado. Allí podía encontrarse un cúmulo de datos ordenados por “siglos”, una mezcla de observaciones personales y notas extraídas de las más diversas fuentes. El resultado recuerda extrañamente un “libro de los secretos” renacentista, dentro de la tradición de la magia natural. Ninguna otra obra suya muestra con tanta claridad el carácter esencialmente impracticable del método de Bacon. Y, no obstante, ese libro alcanzó no menos de 15 ediciones en inglés en el siglo XVII e indujo nada menos que a Robert Boyle a tratar de continuarlo.

Puede decirse que la idea que tenía Bacon de una nueva ciencia daba muy poca importancia a las matemáticas y demasiada a la experimentación. Él mismo parecía incapaz de valorar correctamente la ciencia de su tiempo. Cuestionaba el valor del microscopio y el telescopio, si bien a menudo mencionaba los descubrimientos de Galileo expuestos en el *Sidereus nuncius*. Criticaba a William Gilbert por haber intentado erigir toda una filosofía sobre la base de un único fenómeno, y rehusaba aceptar el sistema copernicano porque en su opinión no había pruebas suficientes de la revolución diurna de la Tierra. Y aunque impugnaba frecuentemente las obras de Paracelso, cuando intentó construir su propia cosmología se basó en gran medida en las teorías químicas en boga. Así, interpretaba los cielos según la teoría azufre-mercurio y relacionaba el movimiento estelar con las propiedades del fuego celestial. Sin embargo, cuando consideramos al método científico de Bacon dentro de todo el contexto intelectual de su época, vemos que estuvo influido no sólo por el gran descontento que había a la sazón por el uso del método escolástico en las ciencias, sino también, y específicamente, por la magia natural, la alquimia y la filosofía química paracelsista.

RENÉ DESCARTES

La influencia de Descartes difícilmente fue menor que la de Bacon. Nuevamente encontramos el intento de establecer una filosofía nueva y universal que remplazara a la de los antiguos. Educado en un colegio jesuita de reciente fundación, Descartes relataba después que se había “sentido tan confundido con tantas dudas y errores, que me parecía que mis esfuerzos por instruirme no tenían más efecto que aumentar mi propia ignorancia”. Quizás no era necesario reformar todo el conjunto de las ciencias, agregaba, “mas, en cuanto a todas las opiniones que hasta entonces había abrazado, pensé que lo mejor que podía hacer era tratar de arrasar con ellas de una vez por todas, de modo que fueran remplazadas más tarde…”

En 1618 Descartes abandonó Francia para alistarse como oficial en la academia militar del príncipe Mauricio de Nassau. Al año siguiente, en Alemania, el 10 de noviembre de 1619, mientras se hallaba absorto en profunda meditación, soñó con una ciencia universal de la naturaleza cuyo fundamento serían las matemáticas y el método matemático. Su relato del incidente recuerda los sueños tan característicos de la literatura alquímica de la época. Y, de hecho, sabemos que Descartes ya estaba enterado entonces de las reformas educacionales y científicas que proponían esos escritores neoparacelsistas que escribían con el nombre de “rosacruces”. Más aún, cuando regresó a París en 1623 sus amigos expresaron a Descartes su temor de que se hubiese vuelto rosacruz cuando había estado en el extranjero —temor que creyó necesario desvanecer—. A este

episodio no se le concede tal vez sino una nota al pie de la página en la mayoría de las exposiciones de la obra de Descartes, pero ilustra una vez más la dificultad a que se enfrentan los historiadores que intentan deslindar de un modo absoluto lo “racional” de lo “irracional” al referirse a los inicios del siglo XVII.

En 1628 Descartes se estableció en Holanda, donde se dedicó a la investigación. Desde allí mantenía constante correspondencia con sabios de todas partes de Europa, en especial con el padre Marin Mersenne, cuya celda monacal de París servía como una especie de centro de información para los científicos europeos de ese periodo. En 1633 Descartes se disponía a publicar su *Le monde,* pero al enterarse de que Galileo había sido condenado suspendió la publicación de esa obra debido a su carácter copernicano. Las principales obras de Descartes no habrían de aparecer sino después. En 1637 publicó su *Discurso del método,* que servía de introducción a sus tratados más extensos sobre *Dióptrica* (donde trataba de las lentes, la visión y la ley de la refracción), los *Meteoros* (que incluía su estudio del arco iris) y *Geometría* (donde exponía su desarrollo de la geometría analítica). Tras éstos aparecieron las *Meditaciones de prima philosophia* (1641) y los *Principia philosophiae* (1644). En 1647 Descartes regresó a Francia, sólo para trasladarse a Suecia dos años más tarde invitado por la reina Cristina. Murió en ese país en 1650.

Descartes compartía con Bacon el deseo de fundar una nueva filosofía desembarazada de las opiniones antiguas. No obstante, él fue mucho más lejos que Bacon en su desdén por la tradición. Descartes consideraba imperativo desechar por completo todo el saber anterior y comenzar de nuevo, aceptando como axiomáticos únicamente a Dios y a la realidad de la propia existencia *(Cogito, ergo sum)*. En su concepto, la divinidad era conocida por la mente —en efecto, la verdad de Dios, aprehendida de esa manera, era mucho más evidente que cualquier cosa que se pudiera percibir por medio de los ojos—. Una vez establecido este fundamento, Descartes estaba preparado para deducir de él todo el universo y las leyes que lo regían. Creía que cada uno de los pasos de ese método, inspirado en la matemática, sería tan cierto como las pruebas de la geometría euclidiana. Por ello, no es de extrañar que tuviera tanto éxito en su estudio de la óptica, el arco iris y la geometría analítica. Estos temas eran esencialmente matemáticos y ésa era la forma más adecuada de tratarlos.

En su cosmología, Descartes iba de Dios a la materia y al movimiento. Sentía tal confianza en los resultados a que había llegado, que estaba convencido de que, por numerosos que fueran los distintos universos que hubiesen sido creados, éstos tendrían que haberse desarrollado a semejanza del nuestro. Estaba satisfecho de que su sistema, esencialmente deductivo, lo hubiese conducido directamente a una confirmación de los elementos de la materia, mas, cuando la deducción conducía a una variedad de posibilidades, consideraba necesario idear experimentos para tomar la decisión definitiva.

El universo de Descartes era “mecánico”, y él rechazaba las explicaciones vitalistas que privaban entre sus contemporáneos. Postuló una cantidad constante de movimiento en el universo; éste era inherente a tres clases de partículas de diferente magnitud que correspondían a los antiguos elementos: la tierra, el aire y el fuego. Las primeras, las más grandes, explicaban las propiedades químicas y físicas de la materia. Las segundas, más pequeñas y más veloces, podían encontrarse entre los átomos de la tierra. Finalmente, las partículas del fuego, dotadas de un movimiento muy violento, se hallaban en los orificios que aún pudiesen existir. De esa manera, todo el espacio estaba ocupado. Por consiguiente, Descartes (siguiendo a Aristóteles) rechazaba el espacio vacío y la posibilidad de la acción a distancia. Era el suyo un intento de explicar todas las cosas por medio de vórtices o torbellinos de la materia. Las agregaciones locales formaban los planetas y el Sol, y procesos análogos tenían lugar alrededor de las estrellas distantes. El resultado final era un vasto sistema de vórtices con ayuda del cual se explicaba toda la materia del universo (fig. VI.1).

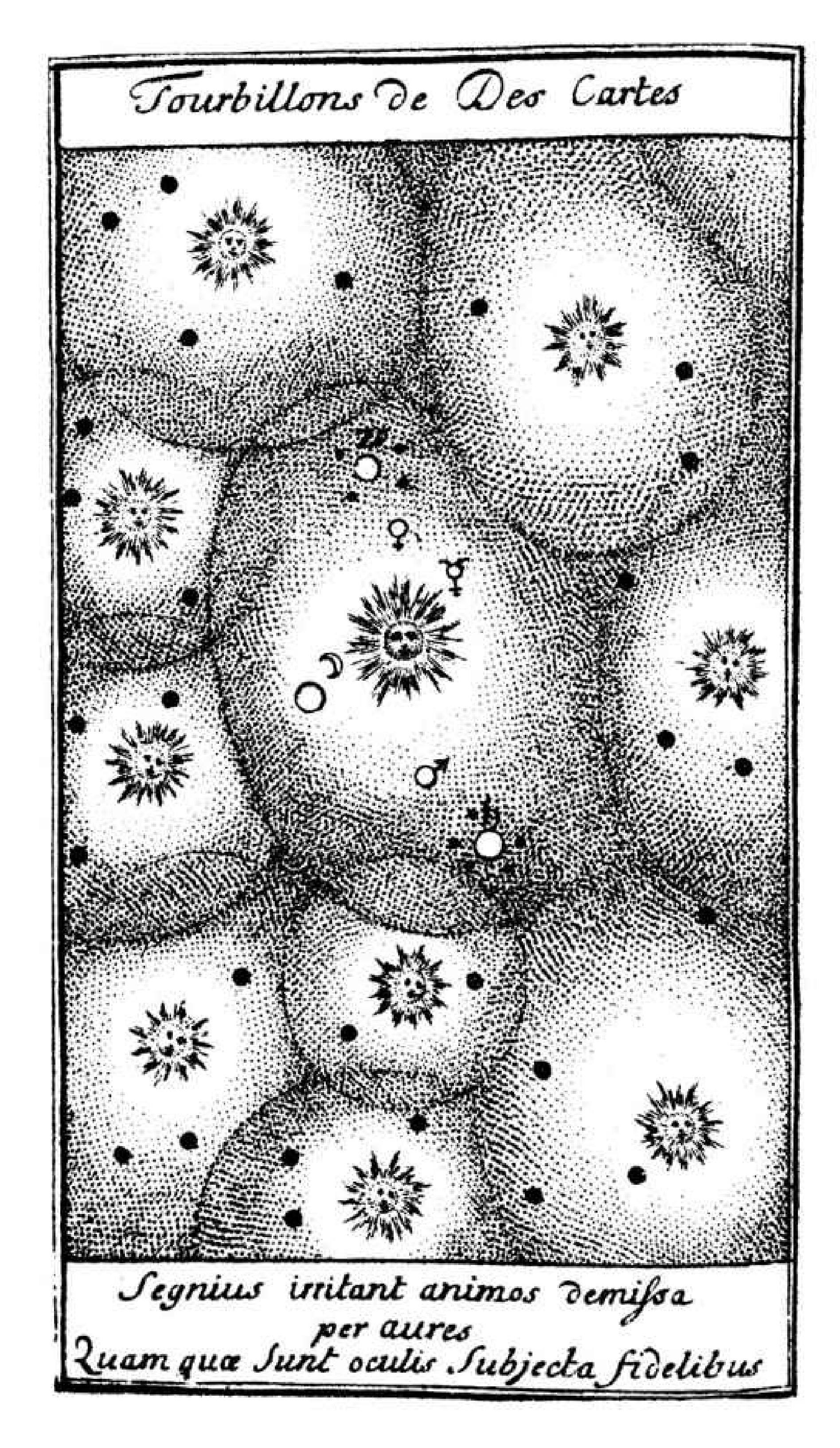


FIGURA VI.1. *La cosmología cartesiana representada en un texto del siglo XVIII. Obsérvese el sistema solar en el centro. De* Traité de l'opinion, ou mémoires pour servir à l'histoire de l' esprit humain *(París, Charles Oliver, 1733), vol. 3, lám. 2. Colección del autor.*

La filosofía mecanicista de Descartes, cuando se aplicaba al hombre y a la biología, prescindía de las fuerzas “vitales” que habían predominado anteriormente. Su obra iba a jugar un papel significativo en el desarrollo de la escuela yatrofísica de fines del siglo XVII. Ya hemos visto su enfoque en las “enmiendas” mecánicas que hizo a la teoría de la circulación de la sangre de Harvey. En su opinión, el hombre era la unión de un alma con un cuerpo animal semejante a una máquina, y no tenía ningún reparo en comparar el funcionamiento del cuerpo humano con las obras de ingeniería hidráulica que tan frecuentemente ostentaban los jardines de los ricos al principiar el siglo XVII:

> los nervios de la máquina animal que he descrito pueden compararse con razón con los tubos de las máquinas de esas fuentes; sus músculos y tendones con los distintos artefactos y resortes que sirven para moverlas; y sus espíritus animales, de los cuales el corazón es la fuente y los ventrículos del cerebro los depósitos, con el agua que mueve a esos artefactos. Más aún, la respiración y otras funciones similares, que son usuales y naturales en la máquina animal y dependen del flujo de los espíritus, son semejantes a los movimientos de un reloj o un molino, a los cuales el flujo ordinario del agua puede hacer continuos.[1]

Por lo tanto, los objetos externos provocaban reacciones en el cerebro de un modo análogo al del visitante que penetra en una gruta y, al pisar las placas del piso, activa las figuras en exhibición. Así, el cuerpo humano era concebido como una pieza de maquinaria cuyos reflejos eran controlados por un vasto sistema tubular dotado de válvulas que se abrían y se cerraban, permitiendo que los fluidos se movieran en distintas direcciones y con diversos propósitos.

Descartes iba a ejercer una influencia en la ciencia continental que no habría de declinar hasta mediados del siglo XVIII. Pero si el defecto de la nueva ciencia de Bacon era su exagerado énfasis en la experimentación, la de Descartes fracasaba a causa de la excesiva importancia que daba a la deducción. Verdaderamente eficaz sólo cuando se aplicaba a temas que se prestaban efectivamente al tratamiento matemático, pocas de las especulaciones cosmológicas y biológicas de Descartes tuvieron valor perdurable para el futuro desarrollo de la ciencia.

GALILEO GALILEI

Pese a su influencia, Bacon y Descartes estaban ligados con metodologías que adolecían de graves deficiencias desde el punto de vista del científico moderno. Lo que se necesitaba, en otros términos, era una verdadera conjunción de los procesos inductivo y deductivo. Donde mejor apreciamos este enfoque es en la obra de Galileo —y no en forma de una discusión del método científico, sino en su desarrollo de temas específicos—. Para nuestro propósito, su obra más digna de examen son los *Diálogos y demostraciones matemáticas concernientes a dos*

ciencias nuevas (1638). No necesitamos resumir aquí su contenido, pues no es nuestra intención analizar la física del movimiento del siglo XVII en todos sus detalles. No obstante, el tratamiento que da Galileo al problema de la libre caída de los cuerpos ofrece un ejemplo excelente de su procedimiento metodológico.

Partiendo de la observación de que en el estudio de los fenómenos naturales se acostumbra inquirir por sus causas, Galileo rechaza esa actitud y dice:

> La presente no parece ser la ocasión más apropiada para investigar la causa de la aceleración del movimiento natural, acerca de la cual han expresado su opinión varios filósofos, explicándola algunos mediante una atracción hacia el centro, otros mediante una repulsión entre las partes más pequeñas del cuerpo, mientras que otros la atribuyen a cierta presión del medio circundante que se forma tras el cuerpo que cae impulsándolo de una a otra posición. Ahora bien, todas estas fantasías, y otras semejantes, deberían examinarse; pero en realidad no vale la pena. Al presente el propósito de nuestro autor consiste meramente en investigar y demostrar algunas de las propiedades del movimiento acelerado (cualquiera que sea la causa de esa aceleración)…

La pregunta fundamental ha cambiado de "¿por qué?" a "¿cómo?" y, obrando en conformidad, Galileo recurre a una descripción matemática de los fenómenos naturales.

En el curso de su investigación, Galileo escribió el equivalente de una monografía científica moderna. Primeramente declaraba su intención —presentar una nueva ciencia que versaba sobre un antiguo tema: el cambio del movimiento—. Examinando la libre caída de los cuerpos propiamente dicha, Galileo observaba que era bien conocido el hecho de que los cuerpos se aceleraban al caer. Lo que había que determinar era justamente cómo ocurría esa aceleración. En este punto definía los términos que pensaba utilizar (como *movimiento uniforme, velocidad* y *movimiento uniformemente acelerado*). Se informaba en seguida al lector que Galileo limitaría su exposición a la caída de los cuerpos: "Hemos decidido considerar el fenómeno de los cuerpos que caen con aceleración tal como ocurre realmente en la naturaleza". Nótese cuán distinto es su método del de Bacon, quien habría reunido todos los ejemplos de movimiento antes de determinar las leyes científicas respectivas.

Antes de continuar, Galileo introdujo una regla de simplicidad: "¿Por qué no he de creer que tales incrementos [de velocidad] tienen lugar de un modo extremadamente simple y más bien obvio para todo el mundo?" Es decir, si los cuerpos se aceleran al caer libremente, podemos suponer que se aceleran en la forma más simple: uniformemente. Ahora parecía imponerse una demostración, y Sagredo, que en el diálogo es el amigo de Galileo, admitía: "No puedo oponer ninguna objeción racional a ésta o, a decir verdad, a ninguna otra definición […] sin embargo, y sin ánimo de ofender, me permito dudar de que una definición como la antes enunciada corresponda a y describa esa clase de movimiento acelerado que hallamos en la naturaleza en el caso de los cuerpos que caen libremente".[2]

En respuesta, Galileo deducía una serie de teoremas necesarios siempre que la caída libre de los cuerpos fuese realmente un caso de aceleración uniforme. Se incluían las ecuaciones familiares $s = 1/2\ vt$ y $s \propto t^2$, donde s era distancia, v velocidad y t tiempo. Se ofrecía una prueba experimental con ayuda del plano inclinado, el cual permitía retardar el movimiento descendente de tal suerte que se podían medir tanto la distancia como el tiempo. Empleando una clepsidra para medir el tiempo, Galileo obtuvo resultados que sustentaban su fórmula derivada, $s \propto t^2$. Entonces, ése era un caso de movimiento uniformemente acelerado, aun cuando él admitía de buen grado que no se trataba de una libre caída.

Prosiguiendo, Galileo supuso luego que un cuerpo que caía desde lo alto de un plano inclinado alcanzaba la misma velocidad que uno que se deslizaba a su largo. Después de presentar argumentos lógicos en apoyo de lo anterior, recurrió nuevamente a una prueba experimental. En este caso utilizó un péndulo, observando que éste oscilaba de una altura dada en un extremo, a la misma altura en el otro (tomando en cuenta cierta variación debida a la resistencia del aire). Pero el movimiento de un péndulo describe el arco de un círculo y, por consiguiente, puede considerársele como un descenso a lo largo de una serie de planos inclinados de distinta inclinación (fig. VI.2). Para representar aproximadamente esos planos hipotéticos, se fijaron clavos en el tablero situado detrás del péndulo. En todos los casos, el peso del péndulo estuvo a punto de alcanzar la altura original (alcanzando, por tanto, casi la velocidad original en el descenso). De ese modo, parecía posible deducir que los tiempos invertidos en el descenso a lo largo de los planos inclinados estaban en simple proporción con sus alturas y que las aceleraciones eran inversamente proporcionales a los tiempos invertidos en el descenso. Es decir,

$$\frac{t_1}{t_2} = \frac{h_1}{h_2}$$

pero $v = a$ (aceleración) t

o bien, $\propto \dfrac{1}{t}$

en consecuencia, $\dfrac{t_1}{t_2} = \dfrac{a_2}{a_1}$

Todo ello conducía a la conclusión de que la libre caída era uniformemente acelerada. El resultado, por supuesto, es básico para la física del movimiento, pero aquí tiene especial interés para nosotros como un ejemplo del método procesal. Galileo primeramente planteó el problema y luego definió cuidadosamente los términos que pensaba utilizar. Postuló después una hipótesis fundamental respecto a la libre caída y la aceleración uniforme, la cual era preciso demostrar. Para ello se verificaron los teoremas que debían ser válidos si la libre caída era verdaderamente un caso de aceleración uniforme. Luego se llevó a cabo el experimento y se postuló y confirmó una hipótesis más, antes de aceptar la original.

Todo lo anterior está expuesto en forma de diálogo, con largas digresiones por parte de los participantes. Uno de sus defectos, desde nuestro punto de vista, es que las demostraciones se ofrecen en forma de experimentos mentales; es decir, se sugieren experimentos sin ninguna prueba de que efectivamente se han realizado. Pero la importancia de todo ello es que vemos cómo un científico investiga en la práctica un problema específico mediante la constante interacción de la hipótesis y el experimento. El procedimiento sugerido podría aplicarse actualmente. En efecto muchos estudiantes universitarios habrán de recordar que el plano inclinado y el péndulo de Galileo se siguen utilizando en los laboratorios como una introducción a la física del movimiento.

Bacon y Descartes habían propuesto la destrucción de las filosofías antiguas. Nadie podría negar la repercusión que ellos tuvieron en el mundo científico a fines del siglo XVII, pero es muy probable que a la larga la influencia de Galileo haya sido mayor en el desarrollo del método científico moderno. Los miembros de la Real Sociedad de Londres no vacilaron en proclamarse baconianos, pero su herencia galileana no es menos evidente.

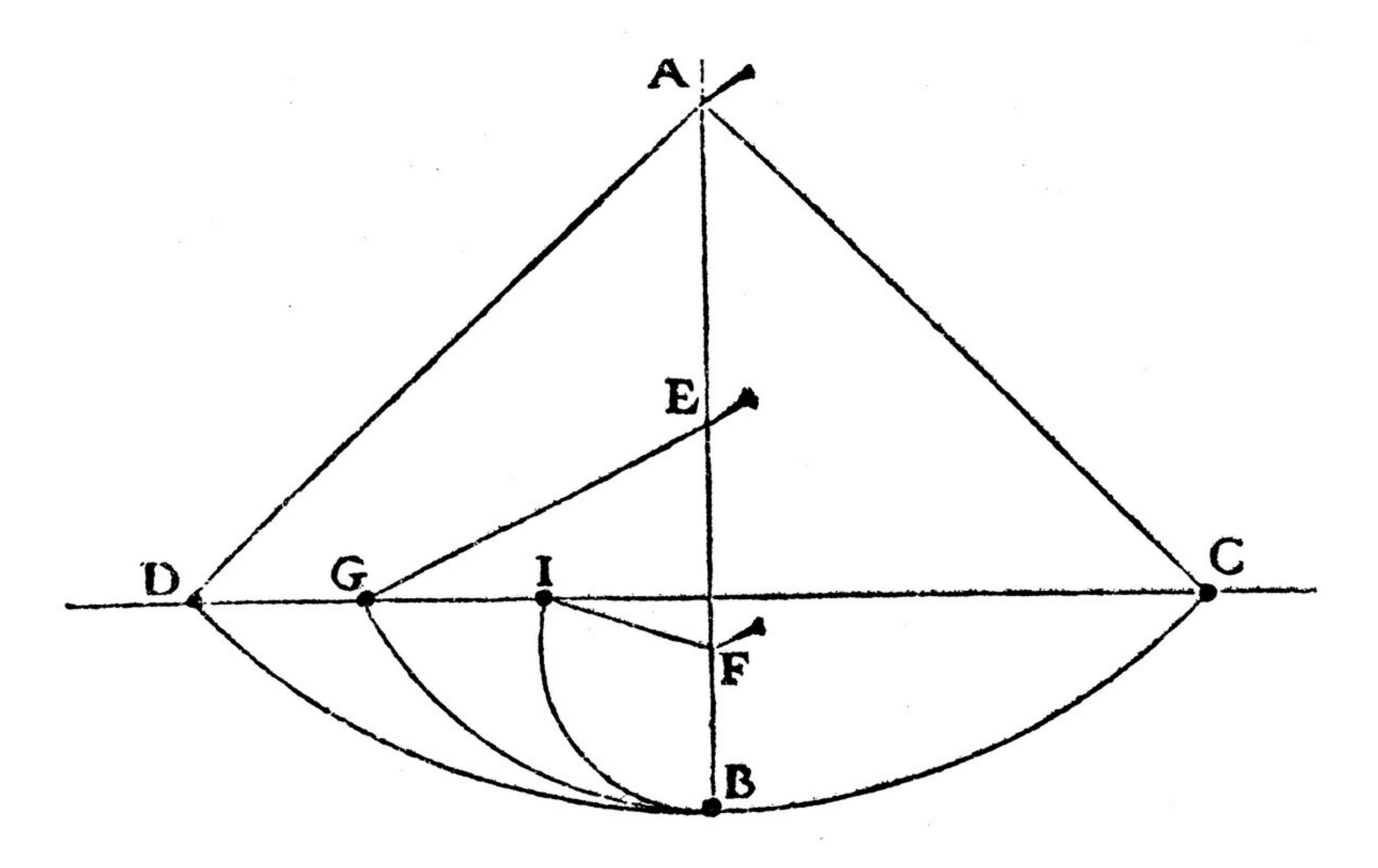


FIGURA VI.2. *El experimento del péndulo. Tomado de Galileo Galilei,* Discorsi e dimostrazioni matematiche, intorno à due nuove scienze attenenti alla mecanica & i movimenti locali *(Leyden, 1638). Cortesía de The Joseph Regenstein Library, The University of Chicago.*

LOS EXPERIMENTOS MENTALES, LAS OBSERVACIONES Y LA TEORÍA ATOMISTA

El estudio que había hecho Galileo de la libre caída de los cuerpos implicaba dos experimentos fundamentales: el del plano inclinado y el del péndulo. Sin embargo, tal como se presentaba al lector, la obra de Galileo ponía más énfasis en la lógica de las conclusiones que en su base experimental. Por consiguiente, los versados en la obra galileana han discutido ampliamente si Galileo efectuó realmente esos experimentos. Si bien no podemos demorarnos en esta cuestión, cabe decir que el propio Galileo se expuso claramente a la crítica, crítica que es evidente en su examen del movimiento de la Tierra. Una pregunta que frecuentemente se hacía al respecto era la siguiente: ¿dónde caería una piedra dejada caer desde el mástil de un barco que navegara velozmente? Si el barco estaba anclado, era obvio que la piedra caería en línea paralela al mástil; mas, si se hallaba en movimiento, había razón para suponer que la piedra caería atrás y lejos del mástil, puesto que el barco habría avanzado durante el tiempo transcurrido en la caída. Este problema interesaba hondamente tanto a los

aristotélicos como a los copernicanos, ya que ambos bandos veían en ese ejemplo una posible analogía con la Tierra en movimiento. Valiéndose del término medieval *impetus,* Galileo declaró categóricamente que aun cuando el barco se hallara en movimiento, la piedra caería paralelamente al mástil, explicando que la piedra participaría del ímpetu que impulsaba al barco hacia adelante. En el diálogo, Simplicio, el portavoz del aristotelismo, replicaba: "No sólo no has hecho 100 pruebas de ello, ni siquiera has hecho una". De acuerdo, contestaba el representante de Galileo, "estoy seguro, sin necesidad de ningún experimento, de que el hecho sería tal como te he dicho; pues así debe ser". La conclusión puede haber sido correcta, pero en 1638 ese argumento no era del todo convincente.

El estudio del movimiento local no sólo estaba relacionado con el destino del sistema copernicano, sino asimismo con el resurgimiento de la teoría atomista. Al examinar el movimiento, Aristóteles había supuesto que la velocidad era inversamente proporcional a la resistencia del medio. Por lo mismo, en el caso del vacío (donde no habría resistencia), un móvil podría alcanzar una velocidad infinita. Ello era inconcebible y, en consecuencia, "la naturaleza aborrecía el vacío". Y puesto que el vacío era imposible, también era necesario rechazar las explicaciones atomistas propuestas por los filósofos presocráticos.

Aristóteles también había sugerido que los cuerpos de diferente peso se movían en el mismo medio con velocidades que estaban en la misma proporción que sus respectivos pesos. Para quien hubiese observado los objetos caer dentro de los líquidos y los aceites —o una piedra y una pluma dejados caer simultáneamente en el aire— ésa parecía ser ciertamente la respuesta más apegada al sentido común. Mas ¿qué ocurriría en el vacío, suponiendo que éste se pudiera producir? Galileo señalaba que mientras menos denso fuera el medio, más aproximadas serían las velocidades de los cuerpos al caer, sin importar su peso. Por lo tanto, argumentaba, en el vacío todos los cuerpos caerían con la misma velocidad. Consecuentemente, la discusión de las velocidades relativas de los objetos de distinto peso al caer estaba asociada con la cuestión de la existencia del vacío y, lo que era aún más importante, con la posibilidad de que la composición de la materia fuese atómica.

En la búsqueda de una filosofía mecanicista, divorciada de concepciones vitalistas y teológicas, se comprende que resultara atractiva una explicación naturalista de los fenómenos que atendía exclusivamente al tamaño, forma y movimiento de las partículas. Hemos mencionado ya el sistema anterior de Descartes basado en las partículas; pero, por diferentes razones filosóficas, éste había rechazado la posibilidad del vacío. Y, por extraño que parezca, al principiar el siglo XVII hasta los alquimistas recurrían a una mezcla de atomismo y vitalismo en sus explicaciones. Pero sería la creencia de Galileo en una estructura atómica de la materia y en la existencia del vacío la que más habría de influir sobre el particular. En efecto, Evangelista Torricelli (1608-1647), amigo y discípulo de

Galileo, describía el barómetro de mercurio poco después de la muerte de su maestro. Posteriormente, al estudio del vacío que se formaba en el extremo superior de ese tubo dedicarían muchas horas los miembros de la Academia del Cimento florentina, en las décadas intermedias del siglo XVII. En Alemania, Otto von Guericke (1602-1686) construyó su máquina neumática y en 1657 demostró sus efectos en los hemisferios de Magdeburgo. Y en esa misma década Robert Boyle encargó a Robert Hooke (1635-1703) el diseño de una bomba neumática, con el fin de realizar experimentos *in vacuo,* los que procedió a explicar con arreglo a una filosofía corpuscular.

Obviamente, la discusión del vacío de Galileo había conducido a investigaciones experimentales que confirmaban sus conclusiones. Pero hallaremos la misma comprensión de la necesidad de contar con pruebas experimentales si regresamos al experimento del barco. El del barco había sido uno de los argumentos más poderosos esgrimidos por los opositores de Copérnico, y, aunque Galileo había refutado el argumento aristotélico de éstos, ciertamente no había efectuado ningún experimento para demostrar su tesis. La exposición de Galileo había aparecido en 1632 en su *Diálogo sobre los dos sistemas principales del mundo*. Antes de que se publicara esta obra había hecho circular su manuscrito, y es evidente, por la correspondencia resultante, que entre los más interesados se encontraban Mersenne y Gassendi. Inmediatamente, en 1633, Mersenne trató de determinar la velocidad de las piedras dejadas caer desde la torre de una catedral. Mas, seriamente interesado también en el experimento del barco, escribió a un amigo que a menudo cruzaba el canal de la Mancha. En 1634, durante una de sus travesías, el corresponsal de Mersenne consiguió que un marinero trepara al mástil y dejara caer piedras. Los resultados confirmaron la tesis de Galileo, pues las piedras cayeron al pie del mástil. Pero la obra donde se consignaba el hecho no fue publicada, y fue Gassendi quien intentó después el experimento del barco. Convencido de su importancia, decidió realizarlo públicamente para que no cupieran dudas acerca de los resultados. Encontró un patrocinador en el nuevo gobernador de la Provenza, quien se interesaba en las ciencias.

Gassendi planeó una serie de pruebas complejas sugeridas por Galileo, las que llevó a cabo en octubre de 1640. Hombres a caballo y en carrozas arrojaron piedras al aire y se lanzaron piedras unos a otros, y se observó que los proyectiles seguían el avance de los caballos y el movimiento transversal de los lanzamientos. Se descubrió que los objetos dejados caer desde un caballo a todo galope caían en línea recta desde el punto de vista del jinete. Estas y otras pruebas confirmaron lo asentado en la obra de Galileo, pero las demostraciones más espectaculares tuvieron lugar, indudablemente, a bordo de un trirreme naval. Cuando la nave hubo alcanzado su máxima velocidad, se comprobó que, ya sea que la piedra se dejara caer desde el mástil, o que fuese lanzada hacia arriba, en ambos casos caía al pie del mástil y no atrás de éste, en la popa. Al

comunicar los resultados, Gassendi indicaba la velocidad del barco y describía minuciosamente todos los experimentos. Luego sugería que el lector podía efectuar pruebas semejantes como arrojar una pelota al aire mientras se paseaba en su balcón —o internarse en el río en un pequeño velero para comprobar los hechos, como lo había hecho él a bordo del trirreme—.

En Galileo encontramos un caso muy distinto del de Kepler. La obra de éste no fue conocida ampliamente sino una generación después de su muerte, mientras que las obras de Galileo eran buscadas y leídas ávidamente por un gran número de sus contemporáneos. Así, cuando admitió que no había ensayado el experimento del barco, algunos pensaron que debía intentarse —y que debía hacerse ante testigos—.

En la quinta década del siglo XVII se percibe un ambiente muy distinto del que había en sus años iniciales. Con Bacon, Descartes y Galileo, la crítica de Aristóteles y la tradición escolástica se había vuelto mucho más refinada. Y, aunque podríamos señalar deficiencias en sus resultados y en sus métodos, es evidente que sus consideraciones acerca de la necesidad de fundar una nueva ciencia, la función del experimento, el uso apropiado de las matemáticas y la conjunción de los métodos inductivo y deductivo para arribar a nuevos descubrimientos, afectaron directa y dramáticamente el desarrollo de la ciencia.

Su estudio del movimiento local convierte indiscutiblemente a Galileo en una figura capital para el surgimiento de la ciencia moderna, no sólo por su metodología, sino por las repercusiones de su obra. Había impugnado un aspecto fundamental de la filosofía natural aristotélica y desarrollado en su lugar una nueva ciencia del movimiento, fundada rigurosamente en la experimentación y las consecuencias que podían derivarse de su evidencia. Por otro lado, su rechazo del movimiento local aristotélico había abierto una vez más la posibilidad de una concepción atomista de la materia. Era éste un resultado sumamente favorable para los que rechazaban tanto las explicaciones vitalistas como las místicas. En efecto, las explicaciones corpusculares y atomistas iban a ser parte integral de la filosofía mecanicista. Se comprende que fuera un sacerdote, Pierre Gassendi, quien se diera a la tarea de borrar el estigma del ateísmo que pervivía como un vestigio de los antiguos textos atomistas.

El historiador podría contentarse fácilmente con narrar la gradual disminución que sufrió la autoridad de Aristóteles en el curso del siglo XVII. No obstante, esa reseña no describiría fielmente el ambiente intelectual de ese periodo. Si bien Aristóteles servía de chivo expiatorio a muchos autores, el examen de muchos textos de la época revela frecuentemente un interés por otras influencias ajenas al escolasticismo. Sin duda, para los partidarios del incipiente mecanicismo, los químicos eran más peligrosos que los defensores decadentes de los antiguos, y a este problema habremos de referirnos a continuación.

VII. LA NUEVA FILOSOFÍA. UN DEBATE QUÍMICO

EL ESTILO, el brillo y la influencia de Bacon, Descartes y Galileo pueden inducir al historiador moderno a la creencia de que las extravagancias de los místicos y los magos eran cosa del pasado al iniciarse el siglo XVII. Y es verdad que en las primeras décadas del nuevo siglo muchos reconocían la necesidad de fundar una nueva ciencia que remplazara a la de las escuelas. Pero suponer que los sueños de una "nueva filosofía" eran exclusivos de los mecanicistas sería apartarse demasiado de la verdad. Basta con que regresemos a los filósofos químicos o leamos las utopías científicas del siglo XVII para que encontremos descripciones de una "nueva ciencia" muy alejada de la de los filósofos mecanicistas. *La nueva Atlántida* de Bacon es el ejemplo más célebre de esas utopías, pero otras, como las de Tommaso Campanella (1568-1639) y Johann Valentin Andreae (1586-1654), reflejan temas herméticos en sus repúblicas ideales. No menos interesante es el manifiesto rosacruz, donde explícitamente se proponían reformas paracelsistas en la ciencia, la educación y la medicina. Y, estrechamente relacionadas con las anteriores, las obras de Robert Fludd y Jean Baptiste van Helmont (1579-1644) son sumamente interesantes por su evaluación del ambiente intelectual de la época, desde el punto de vista del químico y del médico. La reacción que provocaron sus obras en los mecanicistas contemporáneos es un testimonio de la autoridad continuada de que gozaban los filósofos herméticos y químicos en el mismo periodo en que se publicaron las obras más importantes de Galileo, Descartes, Bacon y Kepler.

LAS UTOPÍAS CIENTÍFICAS

La nueva Atlántida fue escrita por Bacon en los últimos años de su vida (hacia 1624) y publicada póstumamente en 1627 por su amigo William Rawley (¿1588? -1667), quien explicaba que el propósito de esa obra era trazar "un modelo o descripción de un colegio instituido para la interpretación de la naturaleza y la producción de grandes y maravillosas obras en beneficio de la humanidad". Es una obra breve —consta de menos de 40 páginas en la edición de 1664— y fue

muy leída en el siglo XVII. Fue indudablemente una de las principales fuentes de inspiración de los fundadores de la Real Sociedad de Londres.

En su forma, *La nueva Atlántida* guarda una marcada similitud con otras obras de ese género. Un grupo de viajeros que navegan de Perú a Japón arriban casualmente a un país desconocido hasta entonces, cuyos habitantes demuestran estar extraordinariamente bien informados acerca de la naturaleza y todos los aspectos del mundo exterior. Después de proporcionar asistencia médica a aquellos viajeros que se encuentran enfermos, los habitantes de ese país, Bensalem, rehúsan todo pago por sus servicios, y más adelante proceden a informar a sus visitantes de la obra que realizan y los secretos de su país.

Su principal interés consiste en la búsqueda del conocimiento del cielo, pero, en la práctica, ésta asume la forma de un estudio del mundo circundante —un claro reflejo de la búsqueda contemporánea de Dios en la naturaleza creada—. Esas investigaciones tienen lugar en la "Casa de Salomón", y se nos dice que "el fin que persigue nuestra institución es el conocimiento de las causas y los movimientos secretos de las cosas, así como el ensanchamiento de las fronteras del imperio humano, para llevar a efecto todas las cosas posibles". El lugar está provisto de las instalaciones necesarias para hacer toda clase de observaciones. Existen cuevas profundas donde se pueden imitar procesos de minería y practicar experimentos encaminados a la producción de nuevos metales. Mientras unos investigan nuevos métodos para curar las enfermedades y prolongar la vida, otros se dedican a investigaciones relacionadas con el enriquecimiento de la tierra. Hay torres de 800 metros de altura donde se practican experimentos sobre refrigeración, así como lagos artificiales, pozos, zoológicos y parques habitados por animales y aves de toda especie. Una gran variedad de hornos, equipo óptico, máquinas e instrumentos astronómicos permite realizar toda suerte de observaciones sobre química, perspectiva, ingeniería mecánica y astronomía.

Se describe a los viajeros el método empleado por los sabios de la Casa de Salomón. Primeramente se reúnen y cotejan las observaciones. Luego se asigna a varios grupos la tarea de derivar conclusiones y aportar sugerencias para estudios ulteriores. Cuando se ha completado ese proceso complejo, intervienen "tres que, por medio de experimentos, elevan los descubrimientos anteriores al rango de mayores observaciones, axiomas y aforismos. A éstos los llamamos 'intérpretes de la naturaleza'". Desde luego, todo ese proceso no es sino el sistema baconiano llevado a la práctica. Básicamente es cualitativo y experimental y da poca importancia a la interpretación matemática. En vano buscaríamos directivas para estudiar la física del movimiento y, en efecto, todo el programa da prioridad a los que por entonces se consideraban estudios químicos y la forma benéfica de la magia natural.

Un año antes de que Bacon escribiera *La nueva Atlántida,* había aparecido en Alemania otra utopía científica, *La ciudad del Sol,* de Tommaso Campanella. Esta

obra, escrita en 1602, refleja la antigua devoción que sentía Campanella por Bernardino Telesio en su insistencia en que el entendimiento procedía originalmente de los sentidos. Pero refleja asimismo el hermetismo que era parte esencial de todos sus escritos. *La ciudad del Sol* contenía también alusiones políticas. Deseando establecer una comunidad ideal, Campanella se había visto envuelto en 1600 en una conjura para emancipar Nápoles del dominio español. El fracaso resultante iba a acarrearle más de 27 años de prisión y torturas. En su celda escribió un número impresionante de libros y manuscritos —donde describía la ciudad del Sol ideal—.

La ciudad del Sol era una metrópoli construida sobre una colina, con siete murallas concéntricas y un templo central. En muchos aspectos, este plan recuerda las antiguas descripciones del templo del conocimiento o la Jerusalén celestial descrita en el Apocalipsis. Esos muros eran importantes para todos los ciudadanos, ya que en ellos estaba plasmada la sabiduría del mundo. Cada uno estaba dedicado a un tema distinto. El primero, de dentro hacia fuera, mostraba en un lado todas las figuras matemáticas, y en el otro, un mapa completo del mundo y una descripción de todos los países y pueblos de la Tierra. El segundo muro estaba dedicado a los metales, las piedras y los minerales, así como a los líquidos naturales y artificiales en todas sus formas, desde los océanos hasta los vinos. Siempre que era posible se incrustaban muestras en los muros con objeto de que el vulgo comprendiera mejor las ilustraciones y los diagramas. En los cuatro muros siguientes estaban representadas todas las formas de vida animal y vegetal, y el último estaba dedicado a las artes mecánicas, dando especial atención a los grandes inventores. Allí, en medio de los legisladores, se hallaban figuras religiosas: Moisés, Osiris, Júpiter, Mercurio y Mahoma —y Cristo y sus apóstoles—.

El templo central de la ciudad tenía un enorme domo donde se había trazado un mapa de los cielos, complementado con versos que describían los poderes individuales de los astros. La ciudad estaba gobernada por una camarilla de sacerdotes herméticos que guiaban al pueblo con sabiduría y eficacia, gracias a su conocimiento de los astros y la magia natural. Como auténticos magos naturales, sabían utilizar el poder de los astros en beneficio de los moradores de la Tierra.

Si no estuviésemos tan familiarizados con esa mezcla típicamente renacentista, la ciudad de Campanella podría parecernos una extraña confluencia de magia y observación. De hecho, el interés de Campanella en la magia y la astrología es indiscutible. En su *Metaphysica* (1638), Campanella admitía de buen grado su adhesión a la magia de Ficino, cuyo origen atribuía en último término a los textos de Hermes Trismegisto. Por otra parte, existen pruebas de que practicaba la magia.

Pero si es posible que Bacon haya conocido la obra de Campanella, todavía es más probable que conociera las obras anteriores atribuidas a los rosacruces. Los dos breves textos que iniciaron lo que se ha denominado el *furor rosacruz*

fueron la *Fama fraternitatis* y la *Confessio* (1614 y 1615). En éstos, formulado en un formato utópico, se reiteraba el llamamiento paracelsista a instaurar una nueva ciencia. Se informaba al lector que el fundador de la orden, un tal y fabuloso Christian Rosenkreuz, había viajado como peregrino al Cercano Oriente y en Damasco y Fez había encontrado comunidades de sabios. Deseando establecer en Europa un grupo similar de sabios dedicados al conocimiento y al servicio de sus semejantes, había regresado a Occidente y congregado a su alrededor un grupo reducido de adeptos inspirados en sus ideales. Habían trabajado en secreto durante la vida de su fundador y mucho después de que éste muriera, pero sus sucesores consideraban que había llegado el momento de anunciar públicamente sus propósitos.

En la *Fama fraternitatis* se exhortaba a fundar un nuevo saber que remplazara al de las universidades. En lugar de Aristóteles, Galeno y sus comentadores más recientes, los sabios debían indagar las verdades de Dios y la naturaleza. A la manera de los paracelsistas, se elogiaba la medicina y se consideraba el fundamento de toda la filosofía natural. Para los rosacruces era un arte divino cuyos beneficios debían dispensarse sin esperar pago alguno. Y aunque Christian Rosenkreuz había conocido la verdadera medicina, los rosacruces decían a sus oyentes que sabían de la existencia de grandes médicos, filósofos y magos que vivían y trabajaban en Europa. En los últimos tiempos, el más grande de ellos había sido Paracelso, cuyas obras se conservaban al lado de las de Christian Rosenkreuz en la bóveda secreta de la hermandad.

En el "manifiesto rosacruz" alienta un espíritu misional. Se sugería que podrían lograrse grandes maravillas si los auténticos sabios de Europa unían sus fuerzas para bien de la humanidad. No obstante, si esos sabios no se hallaban en las universidades, ¿dónde estaban y cómo se podía entrar en contacto con ellos? El autor contestaba que podían darse a conocer por escrito y sumarse a la hermandad en la reforma del saber que se avecinaba. Por esa razón, los sabios europeos debían escudriñar sus almas y "manifestar su pensamiento, ya sea *communicatio consilio,* ya sea *singulatim* y en forma impresa". La *Fama* y la *Confessio* serían publicadas simultáneamente en cinco idiomas para que nadie pudiera disculparse alegando que no había recibido el mensaje —y, aunque los cofrades rehusaban por ese entonces dar sus nombres y anunciar sus reuniones, aseguraban que las obras de quienes contestaran a su llamado no pasarían inadvertidas—.

Podría pensarse que textos tan breves —y anónimos— pasaron inadvertidos, mas ése no fue el caso. En realidad, entre 1614 y 1617 se publicaron nueve ediciones de la *Fama* en cuatro idiomas, y en 1652 apareció una traducción al inglés. En las bibliotecas europeas aún existen cartas de personas ofreciendo ingresar a la orden, y un bibliógrafo ha localizado varios centenares de libros y tratados que aparecieron en una década debatiendo los méritos de ese grupo secreto. Las ciudades principales eran visitadas por gente que se decía miembro

de la hermandad y prometía revelar sus secretos a quienes desearan iniciarse. En un relato publicado en 1619 leemos:

> Qué confusión creaba entre los hombres la noticia de este hecho, qué conflictos entre los doctos, qué inquietud y zozobra entre los impostores y los charlatanes, sobra decirlo [...] había quienes, presas de ese ciego terror, deseaban retener y defender a toda costa sus negocios antiguos, anticuados y fraudulentos. Algunos se apresuraban a deponer la fuerza de sus opiniones y, luego que habían denunciado el yugo tan severo de su servidumbre, se aprestaban a abrazar su libertad.

Puesto que no hay ningún indicio de que ese grupo haya existido realmente, la reacción es admirable.

Un notable producto de esa inquietud intelectual fue la *Christianopolis* (1619) utópica de Andreae, quien probablemente fue el verdadero autor de la *Fama*. La *Christianopolis* tiene notables semejanzas con *La nueva Atlántida* y ejerció una influencia casi tan grande como la de ésta, ya que tuvo una profunda relevancia para los grupos ingleses que fueron los antecesores de la Real Sociedad. También en esta obra hallamos la denuncia familiar de la decadencia del saber y de la religión europeas, aunada a la sugerencia de que debía formarse una comunidad de auténticos sabios. El ejemplo que ofrece Andreae es la ciudad ideal de Cristianópolis, cuyos ciudadanos se dedican al estudio de las Sagradas Escrituras y de la naturaleza. A excepción de la Biblia, los libros les parecen sumamente inútiles a los habitantes de esa ciudad, pues es el estudio de la naturaleza el que conduce a una mayor comprensión del Creador. "Un detenido examen de la Tierra traerá consigo una cabal apreciación de los cielos, y cuando se haya comprendido el valor de los cielos, se despreciará la Tierra."

En consecuencia, el laboratorio tiene suma importancia para los ciudadanos de esa metrópoli utópica. Y, como es de esperarse, es en el laboratorio químico, provisto del equipo más completo, donde "las propiedades de los metales, minerales y vegetales, y hasta la vida de los animales, son examinadas, purificadas, incrementadas y unificadas para uso de la raza humana y en beneficio de la salud". Con todo, es más importante el hecho de que allí "se desposan el cielo y la Tierra" y "se descubren los misterios divinos impresos en la tierra". Éstas son claras referencias a la analogía macrocosmos-microcosmos y la doctrina de las signaturas.

La importancia que atribuye Andreae a la química es más evidente todavía cuando se compara con su tratamiento de otras ciudades. En el salón destinado a la física los ciudadanos de Cristianópolis contemplan escenas pintadas del cielo, los planetas, animales y plantas que recuerdan en cierto modo los muros concéntricos de Campanella. Allí también se pueden examinar muestras de gemas y minerales raros, venenos y sus antídotos, así como toda suerte de cosas benéficas y nocivas para el cuerpo. En cuanto a las matemáticas, el auténtico investigador de Cristianópolis puede elevarse por encima de la aritmética y la geometría vulgares para contemplar las armonías numéricas y místicas de los

cielos que conocieron los pitagóricos de antaño. En todas partes se subraya la correlación que existe entre el cielo y la Tierra y, por consiguiente, se eleva a la astrología al sitio eminente que merece. Para Andreae, "quien desconoce el valor de la astrología en los destinos humanos o neciamente lo niega, me gustaría que tuviera que cavar la tierra, cultivar y labrar los campos, todo el tiempo que fuese posible, en un clima adverso".[1] La implicación era obvia. Se requería un nuevo saber, y si éste no tenía cabida en el sistema universitario vigente, era preciso fundar una academia o colegio independiente. Las propuestas de Andreae habrían sido secundadas por cualesquiera de los filósofos químicos.

ROBERT FLUDD Y LA QUÍMICA MÍSTICA EN UN NUEVO SIGLO

Entre la multitud de respuestas impresas que provocó el manifiesto rosacruz se encontraban dos folletos de considerable interés: uno escrito por Andreas Libavius y el otro por Robert Fludd. Ya antes nos hemos referido a Libavius (capítulo II) como a un yatroquímico que se oponía a los paracelsistas y detestaba las interpretaciones místicas de los fenómenos naturales. Estaba convencido de la importancia de emplear sustancias químicas en la medicina, pero se negaba a participar de la filosofía química paracelsista, que interpretaba el universo según la analogía macrocosmos-microcosmos. Por lo mismo, aunque en 1606 había apoyado a los médicos químicos parisienses en su lucha contra la facultad de medicina dominada por los galenistas, nueve años más tarde condenaba los textos rosacruces. Juzgaba que éstos eran de inspiración mística y paracelsista y, peor aún, amenazaban con destruir el saber antiguo en todos sus aspectos.

El ataque de Libavius contra los rosacruces fue el motivo de las primeras publicaciones de Fludd, hombre noble y acaudalado que había estudiado en Oxford y visitado los principales centros de enseñanza del continente. Elegido miembro del Real Colegio de Médicos en 1609, posteriormente mantuvo contacto con muchos de los científicos ingleses más prominentes de su época. En el fondo Fludd era un místico y, después de leer la *Fama* y la *Confessio,* escribió una réplica a Libavius (1616) donde impugnaba el estudio de los antiguos en las universidades y postulaba una nueva ciencia fundada en verdades religiosas. Argumentando que el auténtico conocimiento había decaído desde los tiempos de Moisés, Fludd opinaba que, en lugar de Aristóteles y Galeno, las escuelas debían adoptar la alquimia, la magia natural y una nueva medicina. Metódicamente criticaba las artes liberales y, específicamente, censuraba la preeminencia que tenía la lógica en el *curriculum* escolástico: Ello, pensaba, se reflejaba en el enfoque académico de las matemáticas, basado en definiciones, principios y discusiones de operaciones teóricas. Con más precisión, escribía Fludd, el matemático debía acudir a las enseñanzas místicas de los pitagóricos,

los que habían arribado a la certidumbre de su fe en Dios mediante su estudio de los números y sus proporciones. Por ese camino llegaría al concepto de las armonías universales y a la esencia misma del mundo.

En su apología de los rosacruces, Fludd insistía en que debíamos emprender esa nueva ciencia con un plan definido. Enumeraba una serie de cuestiones fundamentales que debían servir de base a futuras investigaciones. Debíamos considerar el acto de la Creación, escribía, a la luz divina del Señor. Ésta, afirmaba, era nada menos que ese espíritu vital indispensable para toda forma de vida y movimiento. Debíamos indagar todos los aspectos de su acción y prestar atención a otros conceptos interesantes —y entre éstos incluía las opiniones atomistas de Demócrito—. Y cuando pasábamos del macrocosmos al microcosmos, escribía Fludd, debíamos enfocar nuestra atención en la forma en que ese espíritu vital era asimilado por el cuerpo. En este punto subrayaba que este espíritu residía en el aire y penetraba en nuestros cuerpos por medio de la inspiración. Para determinar cómo nutría ese espíritu nuestros cuerpos, sería necesario un nuevo estudio del propio cuerpo. Debíamos explicar cómo se separaba ese espíritu del aire impuro y era dispersado en el cuerpo por los sistemas arterial y venoso. Basta con lo dicho para comprender el ávido interés que habría de mostrar Fludd por el descubrimiento de Harvey relacionada con la circulación de la sangre .

En 1617 se publicó una segunda edición de la apología de los rosacruces de Fludd y el primer volumen de su historia del macrocosmos y el microcosmos. La última es probablemente la exposición más completa que se ha escrito de ese universo integrado por dos mundos, y con ella Fludd creyó cumplir su promesa de inaugurar una nueva ciencia. El autor consideraba que su obra, en la que predominaban las citas bíblicas y herméticas, era una fiel exposición de la filosofía química. Empezando por los fenómenos macrocósmicos, examinaba la Creación, los elementos y el orden del universo. Fludd se aferraba tenazmente a la teoría geocéntrica del universo, pero hablaba también de una “centralidad” del Sol, alegando que éste estaba situado a medio camino entre la Tierra y Dios. Posteriores volúmenes versaban sobre las artes liberales, la guerra, la meteorología, la anatomía y la medicina. En su descripción del mundo Fludd destacaba las armonías universales que, en su concepto, podían explicarse con ayuda del misticismo numérico pitagórico, así como la acción simpática que existía entre el mundo mayor y el menor. Todo requería del espíritu vital del Señor que descendía del cielo y literalmente daba vida a todas las cosas. Profundamente convencido de la existencia de ese espíritu, describía sus intentos para extraerlo del trigo en forma de sustancia por medios químicos.

Todo interesaba a este hombre, que pensaba que su obra venía a suministrar la base necesaria para fundar una ciencia cristiana que remplazaría al escolasticismo de las universidades. Y, a decir verdad, la comunidad ilustrada leía

sus obras. Así, no debe sorprendernos que Kepler, Mersenne y Gassendi estuvieran a la cabeza de quienes veían en sus obras un peligro para las suyas.

LA REACCIÓN CONTRA FLUDD: KEPLER, MERSENNE Y GASSENDI

La primera respuesta importante a las obras de Fludd fue la de Johannes Kepler. En un apéndice a sus *Harmonices mundi* (1619) y en su respuesta a una réplica posterior de Fludd (1622) examinaba el uso que hacía el médico inglés de las matemáticas. En opinión de Kepler, las diferencias entre su método y el de Fludd eran simples: en nuestros términos, las que existían entre un "científico" y un "místico". Kepler calificaba su propio concepto *armonía universal* de "matemático"; las explicaciones de Fludd, por el contrario, eran "enigmáticas, emblemáticas y herméticas". ¿Cómo podía un científico comparar el simbolismo de Fludd con sus diagramas auténticamente matemáticos? Y si Fludd se recreaba en sus oscuros enigmas, Kepler había rescatado esos mismos fenómenos de las tinieblas y los había sacado a la luz. Fludd, agregaba, había plagiado las fábulas de los antiguos, mientras que él se había basado en los fundamentos mismos de la naturaleza con certidumbre matemática. Asimismo, Fludd había confundido cosas que no había comprendido adecuadamente mientras que Kepler había procedido de un modo ordenado como correspondía a las leyes de la naturaleza.

Se nos recordará, quizás, que en realidad Kepler compartía muchas de las convicciones místicas de Fludd. Mas, aun admitiendo lo anterior, lo cierto es que las matemáticas significaban algo muy distinto para Kepler que para Fludd. Éste buscaba misterios en los símbolos conforme a una creencia preconcebida en un plan cósmico. Consecuentemente, sus proporciones y armonías debían amoldarse por fuerza a sus símbolos. Kepler, igualmente obsesionado tal vez con su propia concepción esférica y simbólica del mundo, procuraba que sus hipótesis estuvieran fundadas en premisas cuantitativas y matemáticamente demostrables. Si una hipótesis, por satisfactoria que fuese desde un punto de vista simbólico, no se ajustaba a sus observaciones, Kepler estaba dispuesto a modificarla. Estos dos enfoques eran tan opuestos que en realidad no podían entenderse el uno al otro. Para Fludd, Kepler pertenecía a la peor especie de los matemáticos, esa gente vulgar que "se interesa en sombras cuantitativas". Por el contrario, "los alquimistas y los filósofos herméticos [...] comprenden la verdadera esencia de los cuerpos naturales".

Pero si la controversia entre Fludd y Kepler es sumamente interesante, las publicaciones de Fludd iban a suscitar una reacción mayor entre los sabios franceses. La creciente publicación de textos alquímicos y químicos, la anunciada "visitación" de los rosacruces a París (1623) y un debate sobre alquimia que se efectuó en París ese mismo año (al que se dio mucha publicidad y provocó una

serie de arrestos y la condena de los doctores de la Sorbona) contribuyeron a crear un nuevo estado de alarma.

Uno de los primeros sabios franceses que reexaminaron las tesis de los filósofos químicos fue Marin Mersenne. En *La vérité des sciences* (1625) afirmaba que no habría de desarrollarse una verdadera ciencia de la naturaleza hasta que la interpretación matemática de la naturaleza no hubiese refutado las objeciones de los químicos. Discutía someramente sus argumentos en forma de un diálogo entre un alquimista, un escéptico y un "filósofo cristiano". Para el alquimista no había ciencia más cierta que la suya, pues la alquimia enseñaba por medio de la experiencia. A su juicio, era indudable que las obras de Aristóteles —que, como se reconocía, estaban plagadas de opiniones teológicas peligrosas— habían sido sustituidas por el método más exacto del químico, basado en la observación.

Mersenne rechazaba enérgicamente las opiniones del alquimista. Para el "filósofo cristiano" la reciente condena de la Sorbona había sido justa. Esos sabios doctores habían cuestionado correctamente las implicaciones teológicas de las tesis alquímicas. Entre éstas incluía la adherencia de los alquimistas al atomismo, posición que por ese tiempo Mersenne juzgaba endeble. Y en cuanto al tan alabado sistema de elementos y principios de los alquimistas, basado en la "observación", Mersenne apuntaba la probabilidad de que los principios paracelsistas pudieran descomponerse artificialmente en elementos más simples. En caso de que ello llegara a suceder, esos principios ya no podrían considerarse elementales.

Y, sin embargo, proseguía Mersenne, si bien la alquimia era censurable en algunos puntos, no debía rechazarse por completo. Mejor dicho, debía encontrarse un método de control para evitar los errores peligrosos en que habían incurrido con tanta frecuencia los alquimistas en el pasado. Mersenne sugería establecer en cada reino academias alquímicas, las que tendrían por misión mejorar la salud de la humanidad. Estas academias vigilarían ese campo y no sólo se encargarían de castigar a los charlatanes, sino que participarían activamente en la reforma de la ciencia. Los términos alegóricos y enigmáticos serían desechados y remplazados por una terminología clara, basada en las operaciones químicas practicadas en el laboratorio.

Esa alquimia reformada, decía Mersenne, debería mantenerse enteramente al margen de cuestiones religiosas, filosóficas y teológicas. Le parecía que esa ciencia servía como una especie de "contraIglesia" a quienes sostenían que con su ayuda se explicaban mejor la teología, la magia y las fábulas más antiguas. Muchos, en efecto, sustentaban una interpretación química de la Creación. Esos sueños y especulaciones debían abandonarse si se quería que la Iglesia católica aprobara esa disciplina.

En sus obras, Mersenne se refería a varios químicos cuyas publicaciones consideraba peligrosas. Entre los nombres mencionados destacaba el de Robert

Fludd, a quien tildaba de hereje y mago de la peor ralea. Profundamente ofendido, Fludd respondió al monje francés en dos obras donde reafirmaba su posición respecto a la filosofía química. En ellas describía nuevamente la analogía entre el macrocosmos y el microcosmos, la armonía de estos dos mundos, la significación del espíritu vital y su dispersión mediante el sistema arterial. La verdadera alquimia, insistía Fludd, tenía como meta establecer toda la filosofía química como una base para explicar al hombre y al universo.

Obviamente, ese concepto de *alchemia vera* de Fludd era precisamente el que objetaba Mersenne. Lo que inquietaba a Fludd, sobre todo, era la advertencia de Mersenne de que los alquimistas debían mantenerse apartados de los asuntos religiosos. Por el contrario, él suponía que los químicos y los teólogos tenían un campo de investigación común, a saber, esa parte de la teología práctica que "nosotros pensamos no es otra cosa que la química mística y oculta". Esta disciplina aspiraba a comprender la Creación y el espíritu de la vida. La naturaleza y la supernaturaleza estaban vinculadas de un modo manifiesto, y la química servía como una clave para descifrarlas a ambas.

A fines de 1628 Mersenne envió una colección de las obras de Fludd a su amigo Pierre Gassendi, solicitando su ayuda. En poco más de dos meses éste había terminado su crítica. Como era de esperarse, Gassendi rechazaba la explicación que daba Fludd de los principios elementales y la Creación química. Y, al enfrentarse al rechazo de Copérnico y Gilbert, se limitó a concluir: "él entiende por Tierra no volátil y Sol central algo muy distinto de lo que nosotros entendemos comúnmente por ello". Refiriéndose a la distinción que hacía Fludd entre alquimia falsa y verdadera, Gassendi se quejaba de una interpretación que convertía a la "alquimia en la única religión, al alquimista en la única persona religiosa, y al tirocinio de la alquimia en el único catecismo de la fe".

No entraremos en más detalles acerca de esta polémica, salvo para recordar que en el curso de su impugnación Gassendi describía y rechazaba las opiniones de Harvey sobre la circulación de la sangre, y que ése sería el motivo de que Fludd saliera en defensa de su amigo. La réplica de Fludd a Gassendi (1633) provocó que Mersenne redoblara sus esfuerzos para desacreditarlos a él y a la filosofía química. Su correspondencia —mucho después incluso de que Fludd muriera en 1637— revelaba su empeño constante por conseguir el apoyo de los sabios de Europa en su lucha contra esa "nueva filosofía" que había soñado Fludd y tanto se oponía a la suya.

La nueva filosofía de Jean Baptiste van Helmont

En busca de apoyo para combatir a Robert Fludd, Mersenne había escrito a muchos sabios europeos. Uno de ellos había sido Jean Baptiste van Helmont, que más tarde iba a mantener correspondencia con el sabio francés. En una de

sus primeras cartas, Van Helmont contestaba a una pregunta que pedía su opinión sobre la réplica que recientemente había hecho Fludd a Gassendi. El físico-químico belga respondía categóricamente que Fludd era un mal médico y un peor alquimista —un hombre superficialmente docto en el que Gassendi no debía perder su tiempo—. Este juicio es muy interesante porque gran parte de la obra de Van Helmont se caracterizaba por conceptos y actitudes que Mersenne había condenado. No obstante, por ese entonces la obra de Van Helmont parecía ser muy distinta de la que habría de ser la base de una nueva escuela yatroquímica del siglo XVII.

La búsqueda de la verdad de Van Helmont era intensamente personal. Lo había llevado a rechazar una maestría de Lovaina porque consideraba que en esa universidad no había aprendido nada, y más tarde iba a rehusar ofrecimientos de empleo de príncipes, prefiriendo dedicarse a la investigación en su propia patria. Poco interesado en su fama personal, Van Helmont sólo publicó hasta 1621, cuando un jesuita lo indujo a una controversia acerca de un ungüento que se aplicaba a las armas. La creencia de que tratando el arma que había causado una herida se curaría a la persona herida era muy común en el siglo XVII y se basaba en el concepto de una acción simpática universal que obraba en la naturaleza.

En su tratado sobre este tema, Van Helmont atacaba a todos los que habían intervenido en la polémica. No negaba la eficacia de ese remedio, pero criticaba a quienes lo habían descrito en términos sobrenaturales. Insistiendo en que se trataba de un fenómeno meramente natural, Van Helmont declaraba: “La naturaleza […] no ha pedido a los teólogos que sean sus intérpretes y sólo ha querido tener por hijos a los médicos”. Sin duda, podría pensarse que era Galileo y no Van Helmont el que advertía a su adversario jesuita: “deja al teólogo inquirir acerca de Dios y al naturalista acerca de la naturaleza”.

La acción del ungüento en cuestión se explicaba cuando se entendía adecuadamente la armonía que existía entre el mundo mayor y el menor, porque “en todas las cosas particulares está delineado todo el universo”. En cuanto a Paracelso, sus obras eran dignas de elogio y sus tres principios debían aceptarse sin reservas. La magia era “el conocimiento innato más profundo de las cosas” y su fundamento era siempre el mismo, ya sea que se utilizara para bien o para mal. En efecto, una vez que se había comprendido correctamente esa acción simpática de la naturaleza, se advertía que el efecto de las reliquias sagradas no difería mucho de ese ungüento magnético que se aplicaba a las armas. Sobre este punto, Van Helmont expresaba una posición potencialmente peligrosa para un católico romano.

Ese tratado no habría podido publicarse en un momento más inoportuno. El ataque de Van Helmont a un jesuita prominente y su defensa de la magia y Paracelso, sumados a su interpretación del poder milagroso de las reliquias, no podían pasar inadvertidos. En 1623 la Facultad de medicina de Lovaina lo denunció, y poco después fue llamado a comparecer ante un tribunal de la

Inquisición española. Se declararon heréticas muchas de las proposiciones de su obra, se le condenó a prisión y, posteriormente, a arresto domiciliario. Se le prohibió publicar nada que no contara con el consentimiento de la Iglesia. Aunque fue liberado en 1636, la Iglesia prosiguió el proceso en su contra casi hasta su muerte, ocurrida en 1644.

Van Helmont legó a su hijo una gran cantidad de manuscritos para su eventual publicación. El *Ortus medicinae,* sus obras completas, apareció cuatro años después de su muerte, y para 1707 se había editado 12 veces en cinco idiomas. En esta obra, que ejerció gran influencia, encontramos planteadas enérgicamente una serie de reformas. Era necesario "destruir toda la filosofía natural de los antiguos y renovar las doctrinas de las escuelas de filosofía natural". Van Helmont caracterizaba la ciencia y la medicina de la Antigüedad como "matemáticas" y lógicas, y sostenía que debían ser sustituidas por una concepción de la naturaleza que realmente estuviera basada en la observación. No era mejor el antiguo concepto de movimiento. El movimiento local aristotélico había conducido a la creencia en un motor inmóvil. Una definición cristiana, replicaba Van Helmont, no habría de permitir que se impusiera al Creador una restricción semejante. En realidad, el movimiento era inherente a la vida y había sido implantado en la simiente original por el Creador. Si la abstracción matemática podía conducir a una conclusión tan errónea, era evidente que la interpretación aristotélica de la naturaleza era "una doctrina pagana derivada de la ciencia matemática, que reduce al primer motor a una perpetua movilidad para que, sin cesar, mueva todas las cosas [...] Por tanto, haced saber a las escuelas que las reglas de las matemáticas y el saber basado en la demostración no hacen justicia a la naturaleza. Pues el hombre no mide a la naturaleza, sino ésta a él". Obviamente, la nueva filosofía que Van Helmont vaticinaba habría de rechazar todo concepto de la naturaleza que la interpretara fundamentalmente por medio de las matemáticas.

En toda la obra de Van Helmont advertimos una estrecha asociación entre naturaleza y religión. De nuevo se nos exhorta a consultar primeramente la historia de la Creación narrada por el Génesis. Luego, como en la obra de Fludd, se presentan el orden de la Creación y los verdaderos elementos. No se menciona el fuego y se considera a la tierra como un producto del agua. En cuanto a los principios paracelsistas, eran útiles ya que se obtenían por la destilación de muchas sustancias, pero en su madurez Van Helmont dejó de creer que se hallaban en la naturaleza en estado elemental. La clave de la naturaleza estaba en las nuevas observaciones, y era la química la que nos ofrecía mayores oportunidades para alcanzar la verdad (fig. VII.1). Combinado con ésta, el uso de la cuantificación —entendida más como pesos y medidas de laboratorio que como abstracciones matemáticas— ofrecía la posibilidad de arribar a nuevos conocimientos. Tratando de demostrar la naturaleza elemental del agua, Van Helmont pesó un sauce en varias fases de su desarrollo. Asimismo, intentó

determinar la gravedad específica de los metales y comparó el peso de volúmenes iguales de orina en busca de una guía para diagnosticar las enfermedades. Procuró dar mayor exactitud a una escala de temperaturas, y sus estudios lo llevaron a insistir en la indestructibilidad de la materia y la invariabilidad del peso en los cambios químicos.



FIGURA VII.1. *El filósofo químico como un imitador e intérprete de los fenómenos naturales. De J. B. van Helmont,* Opera Omnia *(1682). Colección del autor.*

Cabal vitalista, Van Helmont procedió a desarrollar una explicación de todas las cosas basada en su sistema de los elementos y sus ciclos vitales. Al respecto, examinó las fuentes y simientes de la vida, cuyos resultados eran tan diversos como los minerales y las enfermedades humanas. Su medicina refleja su filosofía general. Aunque se negaba a aceptar la autoridad de los textos médicos de la Antigüedad, le molestaba la actitud de aquellos que estaban dispuestos a aceptar todo lo que se atribuía a Paracelso. Así, en sus últimas obras Van Helmont rechazaba la doctrina del microcosmos que postulaba que el hombre era una miniatura, una réplica exacta del mundo mayor. Sin embargo, ello no le impedía señalar las numerosas semejanzas que había entre el hombre y la naturaleza en su totalidad. Tampoco estaba Van Helmont menos interesado que Fludd en el espíritu vital que animaba a la naturaleza. Fludd había intentado aislar ese espíritu del trigo por medio de un experimento alquímico; Van Helmont trató de hacer lo mismo mediante la destilación de la sangre. Movido por su profunda creencia en que existía esa fuerza vital en la sangre, fue uno de los primeros médicos que se opusieron a la práctica de las sangrías.

Podríamos citar muchos otros ejemplos para mostrar los intereses de Van Helmont, pero nos importa más subrayar que, aunque Fludd y Van Helmont estaban igualmente influidos por las ideas herméticas y paracelsistas de su

época, existían profundas diferencias entre estos dos filósofos químicos. El primero, inspirado en el manifiesto utópico de los rosacruces, había buscado un nuevo método para estudiar la naturaleza, que descansaba en las verdades espirituales, la verdadera religión y una alquimia mística. Es posible que el segundo no discrepara sustancialmente en estos puntos, pero iba a dar mucho más importancia a las nuevas observaciones.

Pese al hecho de que compartían muchas creencias, Fludd y Van Helmont fueron considerados como dos filósofos muy distintos por la mayor parte de los sabios del siglo XVII. Para muchos, en las décadas intermedias del siglo, Van Helmont ofrecía el plan de una nueva filosofía tan prometedora como la de los filósofos mecanicistas. Era la suya una concepción "cristiana" de la naturaleza, basada en la observación, que parecía rechazar el misticismo de los paracelsistas primitivos, pero seguía validando las comparaciones que solían hacerse entre el hombre y la naturaleza. En Inglaterra, la obra de Van Helmont inspiró a Walter Charleton (1619-1707) a traducir en 1650 varios de sus tratados y, en *The Sceptical Chymist,* Robert Boyle repetía los argumentos de Van Helmont en contra de los principios paracelsistas. Thomas Willis (1621-1675) se basó en el *Ortus medicinae* para elaborar su nueva filosofía química, y hasta Isaac Newton leyó cuidadosamente su obra y redactó extensas notas sobre su contenido.

Los debates en torno de la obra de Fludd y el gran interés que despertó en esa época la obra de Van Helmont indican la gran inquietud que suscitó la filosofía química en el siglo XVII. Las confrontaciones de Fludd con Kepler, Mersenne y Gassendi se iniciaron con las primeras publicaciones del primero (1616 y 1617) y continuaron por espacio de 20 años. Los problemas de Van Helmont también empezaron con su primera publicación (1621), mas, a causa de la persecución oficial de que fue objeto, sus opiniones fueron relativamente poco conocidas hasta que sus obras completas fueron publicadas póstumamente en 1648. Así, la comunidad ilustrada de Europa se enfrentó de pronto a una nueva filosofía química que tendía más a la observación justamente cuando comenzaba a asimilar las obras de Descartes y Bacon. De ese modo, la reforma educacional propuesta por Van Helmont, su rechazo de la filosofía antigua y sus numerosas observaciones fueron conocidas por un amplio sector de los sabios europeos de la época.

Las referencias a los filósofos químicos ocurren frecuentemente cuando menos se espera. No obstante, ello es casi inevitable, ya que los filósofos químicos no concibieron su obra simplemente en relación con la química o la medicina. El suyo fue, en todo caso, un intento declarado de fundar una *philosophia nova* que explicara todo el cosmos. Sólo cuando se le enfoca de esta manera podemos explicar por qué Mersenne y Kepler creyeron ver una amenaza a la filosofía natural en las matemáticas de Fludd o en el gran interés que provocó la obra de Van Helmont y la influencia que ejerció. En efecto, sólo cuando la situamos en el contexto del siglo XVII —como un esbozo de la "nueva ciencia"—

podemos confiar en descubrir en la obra de estos hombres algo que haya podido interesar al Isaac Newton con el que estamos más familiarizados.

VIII. EPÍLOGO E INDECISIÓN

PODRÁ parecer a algunos una incongruencia concluir una obra sobre la ciencia y la medicina del Renacimiento con un análisis de Robert Fludd y Jean Baptiste van Helmont. En estos autores encontramos menos “progreso” científico de lo que pudiésemos esperar. Pero si nos hemos ocupado en último término de Fludd y de Van Helmont ha sido para destacar la naturaleza compleja de ese periodo.

En épocas anteriores los historiadores concentraron toda su atención, justificadamente, en el surgimiento de la filosofía mecanicista del siglo XVII, pero el fracaso para explicar al mismo tiempo las causas de la atracción que ejercieron entonces el paracelsismo y la magia natural con frecuencia ha dado por resultado una valoración incompleta del periodo en su totalidad. Y, una vez más, sólo recientemente se ha dado toda su importancia al hecho de que algunos de los héroes tradicionales de la nueva filosofía se adhirieron firmemente no sólo a ciertos aspectos de la magia y el misticismo, sino también a ciertos principios fundamentales de la filosofía antigua. Si los sabios del siglo XVII no hubieran considerado importantes las obras de Fludd y Van Helmont, éstas jamás habrían sido foco de controversias. El mismo argumento vale en el caso de Paracelso un siglo antes.

LA CIENCIA Y LOS DOS HUMANISMOS

No es muy difícil comprender por qué hasta ahora ha prevalecido un punto de vista positivista para narrar la historia de ese periodo. La ciencia y la medicina se transformaron en el Renacimiento. El mundo del sabio de mediados del siglo XV había sido interpretado conforme al escolasticismo medieval. No obstante, la libertad de crítica había afectado indudablemente áreas esenciales del pensamiento. Así, por ejemplo, el detenido examen del movimiento local llevado a cabo por los sabios del siglo XIV puso de manifiesto las inconsistencias de la posición de Aristóteles al respecto y, por otro lado, el pronto reconocimiento de la importancia de la observación en la enseñanza de la anatomía condujo a la aceptación general de las disecciones públicas, para instrucción de los estudiantes de medicina. Es cierto, esos adelantos tuvieron lugar quizás en un

número limitado de universidades, pero éstas figuraban entre los centros del saber más prestigiados de Europa.

La autocrítica interna que se ejerció a fines del periodo medieval iba a dar paso a una franca rebelión en el curso de los dos siglos siguientes. Se había producido una serie de avances fundamentales en las ciencias físicas y biológicas, y para mediados del siglo XVII la mayor parte de la investigación científica y médica se realizaba fuera de las universidades. Aunque sería injusto sugerir que las universidades no participaban en ese desarrollo (la de Padua y la tradición médica serían las excepciones más notables), es innegable que para entonces las primeras academias científicas y las agrupaciones locales de eruditos desempeñaban un papel más significativo que los centros educativos tradicionales. Las voces que clamaban por una nueva ciencia y una nueva filosofía se escuchaban ahora con más fuerza, exigiendo un sustituto para la educación aristotélica y galénica que parecía inútil, mentalmente asfixiante y (en ocasiones) sospechosa desde el punto de vista teológico.

Todo estudio de la historia intelectual del Renacimiento —y tanto la historia de la ciencia como la de la medicina deben ser comprendidas por este término general— deberá tomar en cuenta la influencia del humanismo. Ya hemos señalado que el humanismo llegó tarde a las ciencias. Sólo hasta la segunda mitad del siglo XV encontramos en los círculos científicos esa búsqueda afanosa de textos clásicos que había sido parte del ámbito literario por más de un siglo. Así, en las décadas finales del siglo XV, Peuerbach y el Regiomontano aún buscaban un texto íntegro en griego del *Almagesto* de Ptolomeo. En medicina, los esfuerzos análogos de Linacre y Guinter de Andernach son incluso posteriores. La obra de estos científicos y médicos humanistas jugó un papel capital para el desarrollo de la ciencia moderna. Copérnico fue en realidad un producto de la restauración de la obra ptolemaica y, en la misma medida, Vesalio y Harvey reflejan el galenismo del siglo XVI.

Esa forma de humanismo fue un elemento esencial del ambiente cultural que dio origen al *De revolutionibus,* al *De fabrica* y al *De motu cordis*. Copérnico se había basado en su estudio del *Almagesto* para fundar un nuevo sistema cosmológico, pero éste aún exhibía claramente la estructura de la antigua astronomía. Los problemas derivados de la concepción copernicana de una Tierra en movimiento iban a conducir a una nueva física del movimiento y a las arduas cuestiones que planteaba la posibilidad de un universo infinito. No menos significativo fue el humanismo en la medicina, que está presente desde la tradición de Padua hasta el descubrimiento de la circulación de la sangre por Harvey. Al igual que los literatos humanistas, esos científicos y médicos eruditos veneraban la autoridad de los antiguos. No obstante, su obra iba a contribuir a la destrucción de esa misma autoridad. Para explicar una Tierra en movimiento se requería un sistema físico muy diferente del de Aristóteles, y el galenismo fue

incapaz de dominar una medicina transfigurada por los nuevos descubrimientos fisiológicos del siglo XVII.

Con el tiempo habría de repararse en las implicaciones teológicas de esos descubrimientos, implicaciones de las que rara vez se percataron sus propios autores, pues si Copérnico había sido atacado por los teólogos luteranos por su sistema cosmológico heliostático, había recibido honores de su propia Iglesia. Pero al iniciarse el siglo XVII la situación había cambiado radicalmente. Galileo fue amonestado y más tarde procesado por la Inquisición. Y Descartes, temiendo las consecuencias de su devoción a la causa copernicana, en 1633 se apresuró a recobrar su *Le monde* de las manos de su impresor. Aunque por ese tiempo el fundamentalismo religioso prescribía una interpretación literal de las Sagradas Escrituras, los científicos respondían que la Biblia no se había escrito para servir de guía al estudio de la naturaleza. El deísmo era aún cosa del futuro, pero sus semillas ya se habían sembrado.

El humanismo del Renacimiento fue mucho más complejo de lo que pudiera parecer a simple vista. No sólo se recuperaron los textos clásicos de la medicina y la física antiguas; también se recobraron los textos místicos de las postrimerías de la Antigüedad, y su influencia iba a ser tan grande como la de Galeno y Ptolomeo. Marsilio Ficino tradujo y estudió los misterios del *corpus* hermético y el *Timeo* de Platón en un esfuerzo por descubrir las ocultas relaciones del macrocosmos y el microcosmos. El resultado fue un renovado interés en la magia natural y todos sus campos afines. Los estudiosos de la astrología, la alquimia, la cábala y la numerología pitagórica competían entre sí en su búsqueda de una nueva clave para descifrar los misterios del universo.

Esta corriente del humanismo, hermética, mágica y alquímica, estaba profundamente arraigada en la ciencia de ese periodo. Esos místicos y eruditos reiteraban constantemente su creencia en que el hombre debía escudriñar la creación de Dios para comprender mejor a su Creador. Para ellos la ciencia y la medicina verdaderas no eran sino el conocimiento de los secretos —y los poderes ocultos— de la naturaleza. La ciencia y la medicina eran consideradas, en suma, como aspectos de la magia natural. Si deseaba aprender, el hombre debía observar esas armonías esenciales que vinculaban a todos los elementos de la naturaleza. Agripa, Porta y Dee participaron en esa búsqueda mística de la verdad en la naturaleza. Pero quienes más influyeron fueron los paracelsistas, quienes abiertamente exigían la destrucción de la autoridad de los antiguos. Eran ellos —y no los anatomistas de Padua o los copernicanos— los que veían la necesidad inmediata de una ciencia y una medicina nuevas y diferentes. Y su convicción de que éstas debían basarse en su sistema médico-químico provocó controversias tan acres como trascendentes.

Así, uno debe comenzar por reconocer que los sabios de ese periodo no sólo estaban familiarizados con Euclides, Aristóteles, Hipócrates, Ptolomeo y Galeno, sino asimismo con el *corpus* hermético y las obras de los alquimistas y los

astrólogos. Ciertamente, eran muchos los que demandaban una nueva filosofía, mas, nuevamente, si ése era el sueño de Paracelso, Campanella y los rosacruces, también lo era de Bacon, Descartes y Galileo. Y si nosotros consideramos esencial para el desarrollo de la ciencia moderna el surgimiento de la abstracción matemática y la cuantificación, este hecho no parecía ser tan significativo entonces como ahora. Por ese tiempo, el retorno al "verdadero" misticismo y a la magia natural parecía a muchos más importante. En ninguna otra parte es más patente ese "otro camino" que conducía a la nueva filosofía que en las utopías científicas de principios del siglo XVII.

Esa constante interacción entre lo "racional" y lo "irracional" hace que nuestra atención recaiga constantemente en las polémicas de Fludd y las reformas propuestas por Van Helmont. La obra de Fludd, descendiente espiritual de los herméticos renacentistas del siglo XVI, iba a ser foco de airadas controversias. Los ataques más serios provinieron de Kepler, Mersenne y Gassendi, eruditos que fundamentalmente eran matemáticos, astrónomos y físicos. Por tanto, las polémicas de Fludd y sus opositores pueden entenderse como una expresión tardía del enfrentamiento de dos tradiciones renacentistas: el humanismo literario y el humanismo hermético.

En cuanto a Van Helmont, estaba tan empeñado en remplazar la antigua filosofía con una nueva ciencia como muchos de sus contemporáneos, pero se oponía francamente a las obras más ocultistas de Paracelso, las obras completas de Fludd y a aquellos autores alquímicos y yatroquímicos que más propendían al misticismo y la magia. Pese a que ambos reconocían en general la necesidad de una filosofía química, Fludd y Van Helmont diferían notablemente en sus enfoques. Es interesante señalar que, si los primeros mecanicistas combatieron encarnizadamente a Fludd, leyeron a Van Helmont con atención y estimación. Hombre profundamente religioso, Van Helmont había exigido, sin embargo, una nueva filosofía emancipada del control de la Iglesia. En efecto, Van Helmont sería reconocido más tarde como el fundador de un nuevo método para investigar la naturaleza, que iba a rivalizar con el de los filósofos mecanicistas en el tercer cuarto del siglo XVII. Procesado por la Inquisición y condenado a arresto domiciliario, su caso es paralelo al de Galileo en varios aspectos importantes.

EL MEJORAMIENTO DEL HOMBRE: LA EDUCACIÓN, LA AGRICULTURA Y LA GUERRA

A mediados del siglo XVII muchos hablaban expresamente de una oposición entre los antiguos y los modernos, pero comprendían perfectamente toda la complejidad del problema. Como hemos sugerido, las controversias más críticas fueron quizás las que protagonizaron los mecanicistas y los químicos. Nada

ilustra mejor este hecho que la literatura inglesa en las décadas intermedias del siglo XVII. La guerra civil y el interregno habían fomentado en la República el planteamiento de reformas de la más variada especie. Entre los planes propuestos se hallaban varios relacionados específicamente con la reforma educacional. En ellos se exigía una transformación completa de los planes de estudio de las universidades. Los seguidores de Van Helmont reclamaban una educación superior basada en nuevas observaciones de la naturaleza, que fuese compatible con las reformas religiosas resultantes de la revolución política.

Tal vez la más interesante de esas reformas fue la propuesta por John Webster en 1654. Originalmente un puritano y más tarde ministro disidente, Webster había estudiado alquimia en su juventud y sabía suficiente medicina para servir como cirujano —y capellán—, en los ejércitos de Oliver Cromwell. Convencido de la necesidad de las reformas religiosas implantadas en los primeros años de la República, cada vez estaba menos satisfecho con la educación que se impartía a los sacerdotes en las universidades. Obrando en conformidad, escribió una *Examination,* donde demandaba una reforma educacional en términos que recuerdan las palabras de Fludd y Van Helmont.

Reaccionando contra los escritos estériles y, a su juicio, ateos de Aristóteles que se estudiaban en las universidades, Webster favorecía en cambio la "muy iluminada fraternidad de la Rosa Cruz". Como afirmaban los paracelsistas, el verdadero conocimiento de la naturaleza, el cristiano, debía enseñarse mediante demostraciones oculares y aprenderse metiendo "las manos en las brasas y en el horno". De ese modo comprenderíamos la importancia de los tres principios mientras seguiríamos indagando los secretos de la magia natural y la *ciencia cabalística.* En general, si deseábamos reformar debidamente el conocimiento sobre la base de principios cristianos, debíamos elaborar tablas de axiomas, como había sugerido Bacon, pero también —como auténticos cristianos— debíamos procurar ese conocimiento de la naturaleza "que se funda en principios sensatos, racionales, experimentales y bíblicos; y esa obra tan completa que versa sobre todos los aspectos principales del saber humano [...] son los escritos elaborados de ese hombre profundamente sabio, Fludd, al lado de los cuales (por todos los aspectos antes mencionados) [...] no hubo nunca obra más rara, excepcional y perfecta".

Además, quienes profesaban la nueva filosofía, recomendaba Webster, debían evitar a Aristóteles y acudir a las obras de Ficino, Platón, Gilbert y Hermes Trismegisto, tal como eran interpretadas por los paracelsistas. La química experimental sería la clave de la naturaleza, y la medicina de Paracelso y Van Helmont remplazaría a la de Galeno.

El tratado de Webster es especialmente interesante porque fue criticado severamente por Seth Ward (1617-1689) y John Wilkins (1614-1672), quienes actualmente son venerados como fundadores de la ciencia moderna. El primero enseñaba astronomía en Oxford desde 1649 y había introducido en Inglaterra la

doctrina de las órbitas elípticas de Kepler. Wilkins también era muy conocido como autor de una apología del sistema copernicano, además de la *Mathematical Magick* (1648) y una obra semiutópica, *Discovery of a World in the Moone* (1638). Ward y Wilkins colaboraron en una *Vindication* de las universidades. En ésta Ward subrayaba el alto nivel de la labor científica que desarrollaban las universidades y la impropiedad e inconsistencia de las insinuaciones de Webster. En una pormenorizada refutación de la obra de Webster, Ward admitía que la calidad de las matemáticas que se enseñaban en las universidades podía mejorarse, pero difícilmente mediante el examen de las armonías místicas que proponía Webster. Dudaba de la conveniencia de desechar por completo la medicina galénica y afirmaba que Webster era injusto en su acusación de que la química era desconocida en las universidades. Y si Webster consideraba que los escritos de Francis Bacon eran básicos para reformar el estudio de la naturaleza, Seth Ward concordaba con él, mas, ¿cómo seguía Webster su propia sugerencia? Acudiendo al "racional" y "experimental" Robert Fludd. ¡En verdad, eso era demasiado! "¡Qué poca honestidad hay en un villano!" Si un momento antes elogiaba a Francis Bacon "por el método de la estricta y exacta inducción", ahora "ha caído en el método místico de la *Cábala* y los números formales; en todo el mundo no hay dos métodos más opuestos que los de lord *Verulam* y el doctor *Fludd,* fundado el uno en la experimentación, el otro en razones ideales y místicas; hace poco estaba a favor de éste, ahora a favor de estotro, y todo ello en un abrir y cerrar de ojos. Oh, la celeridad del cambio y el movimiento del viento". Y si Webster se había referido a Platón, Demócrito, Epicuro, Filolao y Gilbert, concluía Ward, ¿qué necesidad había de ello?; pues, "si *De Fluctibus* es tan perfecto, ¿para qué necesitamos ir más lejos?"

La polémica entre Webster y Ward suele interpretarse erróneamente. Se ha acusado a Webster de proponer imprudentemente una rara mezcla de ciencia y superstición —química y magia— como la base de una reforma universitaria. Se elogia a Ward por haber reaccionado con justa indignación. Mas, como hemos visto, el concepto que tenía Webster de la química no corresponde a lo que actualmente entendemos por química científica, y su "magia" estaba muy alejada de la magia negra que ese nombre podría implicar para nosotros. Al respecto, podríamos convenir con Bacon en que el término *magia natural* había sido mal aplicado por mucho tiempo y que en realidad significaba "sabiduría natural o prudencia natural [...] limpia de toda vanidad y superstición". A esa complejidad se agrega el hecho de que cuando Thomas Hall (1610-1665) decidió en ese mismo año salir en defensa de la posición aristotélica en otra réplica a Webster, declaró que no era necesario discutir el estado de las ciencias, ya que Ward y Wilkins habían aclarado admirablemente la situación. De esta manera, el campeón de los antiguos se aliaba con los mecanicistas —o "modernos"— en contra del filósofo químico.

Ese afán de reformas educacionales era común a los químicos y los mecanicistas, pero a mediados del siglo XVII ambos grupos veían sus respectivas posiciones como fundamentalmente opuestas. De las dos facciones, la de los químicos estaba indudablemente más interesada en introducir cambios radicales. Pero, por otra parte, todos ellos compartían el deseo de utilizar la nueva filosofía en beneficio de la humanidad y la República. Este deseo se derivaba ciertamente de las metas de la magia natural —en la medida en que se oponía a la magia negra—. El mago natural deseaba descubrir los secretos recónditos de la naturaleza para aplicarlos a un fin práctico. En el nivel microcósmico ello había servido de estímulo a los paracelsistas en su búsqueda de una nueva medicina, si bien ésta había dado resultados en otros campos. Para Francis Bacon la magia natural, más que todo, era de naturaleza práctica. Había insistido en la necesidad de revisar las artes y los oficios para mejorarlos con estudios ulteriores. Su anhelo de llegar a escribir por separado la "historia" de cada uno de ellos iba a caracterizar el programa de la Real Sociedad de Londres en sus inicios y el de las demás academias científicas del siglo XVII.

Los primeros números de las *Philosophical Transactions of the Royal Society of London* (cuya publicación se inicia en 1665) reflejan los fines prácticos de Bacon. Al lado de artículos estrictamente científicos se publicaban informes médicos de interés para los médicos. En 1665 se estableció un comité especial con el fin de examinar el estado de la agricultura y sugerir posibles mejoras.

Sus integrantes daban especial atención a los productos agrícolas normales, pero la Sociedad alentaba a sus demás miembros y corresponsales a comunicar sus observaciones sobre plantas exóticas que crecían en otras regiones del mundo. Fomentaba asimismo las relacionadas con la navegación. Así, encontramos descripciones minuciosas de nuevos instrumentos cronométricos (para determinar la longitud) y observaciones sobre la variación magnética en diversos puntos del globo terrestre. La minería se consideraba vital; existen numerosos informes sobre minas y minerales de todas las partes de Europa. Similarmente, se examinaba toda clase de nuevos productos y procesos industriales. Un arado perfeccionado, una trompeta que hablaba, piedras para la construcción, la manufactura del hierro, la fundición de los metales, la elaboración de la cerveza y muchos otros temas de esta índole eran expuestos detalladamente. Ello, sin duda, habría sido aprobado por Bacon.

Esta tendencia pragmática ha sido considerada por mucho tiempo como una de las características principales de la nueva ciencia. Mas, en cuanto a los fines que perseguían, ¿eran distintos los filósofos químicos de los baconianos? No era así. Su medicina se basaba en la práctica y no ocultaban su desprecio por los médicos teóricos escolásticos. Van Helmont desafió a los galenistas a una prueba que decidiría el curso futuro de la medicina: "Saquemos de los hospitales, de los campamentos o de cualquier otra parte a 200 o 500 enfermos pobres que padezcan fiebres, pleuresía, etc. Dividámoslos en dos grupos iguales; echemos

suertes de modo que una mitad me toque a mí, la otra a vosotros; yo los curaré sin sangrías y sin purgas severas [...] [y] ya veremos quién tiene más funerales”. Sus seguidores repitieron ese reto por décadas, pero nadie recogió el guante.

Otros veían en la química un salvador potencial del Estado, en forma de una reforma agraria y una nueva forma de guerra, la química. En efecto, Paracelso había escrito de una sal vivificante que se hallaba en el estiércol y era la causa de que éste se utilizara como abono. El tema pronto fue recogido por el paracelsista francés Bernard Palissy (¿1510?-1589) en un análisis del uso de la marga como fertilizante. Al finalizar el siglo, Hugh Plat (1552-1608) había publicado en Inglaterra una extensa exposición de las técnicas agrícolas que empleaban los nuevos fertilizantes. En su opinión, los beneficios que podían rendir a la nación eran incalculables. En su tratado recurría constantemente al espíritu vital y la teoría química paracelsista para examinar los problemas de la generación y el crecimiento. Más tarde, encontramos experimentos similares en la obra de Francis Bacon —y, por lo mismo, no nos sorprenderá saber que una de las primeras “historias” baconianas que intentó la Real Sociedad fue la de la agricultura—. Si bien los resultados a que llegó el comité encargado de esa empresa nunca se publicaron, los informes que se conservan indican una vez más que el tema fue abordado con el criterio químico tradicional.

Donde mejor apreciamos el interés de los químicos por una guerra química es en la obra de Johann Rudolf Glauber, cuya autoridad, para muchos químicos de la segunda mitad del siglo XVII, sólo era inferior a la de Van Helmont. Profunda y personalmente afectado por los trágicos acontecimientos de la Guerra de los Treinta Años (1618-1648), Glauber hablaba en sus escritos de la necesidad de preservar la ley y el orden, pero igual importancia tenía para él que Alemania se erigiera en “monarca del mundo”. Para alcanzar este fin serían menester, por una parte, una nueva prosperidad económica y, por otra, una nueva tecnología militar. Ambas serían el resultado de una adecuada aplicación de conocimientos químicos obtenidos merced a la filosofía química.

Para lograr esa prosperidad económica sería necesario prestar atención nuevamente a la filosofía química. Aquellos agricultores que se habían arruinado en años de sobreabundancia y años de escasez debían aprender a concentrar sus granos excedentes, en los años prósperos, en forma de una malta líquida que más tarde podría transformarse en cerveza. Los vinicultores podrían beneficiarse del mismo procedimiento. En este caso, el mosto debía evaporarse hasta alcanzar la consistencia de la miel, conservarse así tanto tiempo como se deseara y agregarle agua antes de que alcanzara el estado de fermentación. El vinatero no sólo se ahorraría gastos de transporte si hubiese necesidad de embarcarlo, sino que podría retirar su producto del mercado hasta que escaseara, obteniendo así una ganancia considerablemente mayor.

De ese modo, evitando el desperdicio, los agricultores asegurarían su propia prosperidad. Pero la última guerra había demostrado que una buena

administración agrícola de nada servía contra los estragos causados por los ejércitos en guerra. El Estado debía proteger al pueblo, sus tierras y sus propiedades. Y si entonces reinaba la paz, nadie podía predecir cuánto iba a durar. Aun mientras escribía, Glauber se había enterado de que los turcos se habían movilizado —y las tormentas y temblores anormales que recientemente habían ocurrido, junto con la aparición de un extraño cometa (1662), eran claras señales del descontento divino—. Para Glauber todo ello indicaba la inminencia de otra guerra desastrosa. Por lo tanto, el Estado debía armarse con las nuevas armas que él había inventado. Describía largas "cañas militares" capaces de arrojar ácidos en forma de niebla o rocío. Con estas armas los defensores de una ciudad sitiada podían cegar a sus adversarios. O bien, si las fuerzas cristianas se hallaban a la ofensiva, podían emplearse pequeñas granadas de mano llenas de ese mismo ácido para cegar a los defensores apostados en las atalayas del fuerte enemigo. Se abrirían entonces las puertas de la ciudad para que penetrara el ejército cristiano.

Glauber estaba plenamente consciente de que ello entrañaba una cuestión moral. Algunos habían rechazado su obra con repugnancia, alegando que por su causa otros serían mutilados. Glauber contestaba que había una gran diferencia entre la pólvora y sus ácidos. Con la primera se podía "destruir y matar a una multitud de hombres". "Pero con mi invento no muere ningún hombre y, no obstante, se arrebata la victoria de manos del enemigo. Y a los enemigos, apresados vivos y reducidos a la cautividad, se les puede obligar a trabajar y, en mi opinión, serán de más provecho que si se les mata." De cualquier manera, "¿no es lícito acaso que castiguemos con la ceguera a nuestros principales enemigos, los turcos, y defendamos nuestras personas, esposas e hijos?"

Es igualmente interesante el hecho de que Glauber preveía la posibilidad de que las nuevas armas fuesen vendidas al enemigo por traidores o cayeran en manos de éste en el curso de una batalla. Le parecía que era casi inevitable que, con el tiempo, se perdiera el secreto de su fabricación. Por esta razón, era esencial que "hombres de ágil y penetrante ingenio" se encargaran de mejorar las armas existentes e inventaran nuevas. De instituirse tal programa de investigación, "no dudo de que en el futuro las guerras se harán de manera distinta a como hasta ahora se han hecho y que la fuerza cederá ante el arte. Pues el arte supera algunas veces a la fuerza".

Los ejemplos de reforma educacional y agrícola y de guerra química son muestras fascinantes de los fines prácticos que perseguían los filósofos químicos. Pero esos mismos ejemplos tienen todavía mayor importancia por cuanto indican que, si bien los químicos se habían enfrentado en duelos verbales a los mecanicistas y a los primeros miembros de las academias científicas (a las que rara vez pertenecían), estaban tan interesados en aplicar sus conocimientos en beneficio de la humanidad y sus estados como sus adversarios científicos y médicos.

Existió sin duda una Revolución Científica. Pero como revolución fue un proceso a largo plazo. Los cambios monumentales que hemos relatado tuvieron lugar en un periodo de siglos y no de décadas. Y a lo largo del periodo que hemos reseñado existieron un diálogo y una interacción constantes entre los descendientes intelectuales de Ficino y Paracelso, por una parte, y los de Guinter de Andernach y Peuerbach, por otra. El hermético y el alquimista siguieron debatiendo a sus adversarios galenistas y ptolemaicos (o copernicanos) hasta bien entrado el siglo XVII. Este constante enfrentamiento es tal vez el que mejor señala los límites de la *ciencia del Renacimiento*. Otros aspectos de las ciencias cambiaron, es verdad, pero ese cambio no afectó tanto a esa controversia. Así, el desarrollo de las nuevas academias científicas en las décadas posteriores a 1660 puede entenderse como una materialización de los sueños de los primeros utopistas científicos. Y aunque los baconianos y los mecanicistas iban a predominar como miembros de esas organizaciones, la Real Sociedad no excluyó a un alquimista tan prominente como Elias Ashmole; en cuanto a John Webster, éste se refirió en sus escritos a la maravillosa labor que desarrollaba la Real Sociedad, la cual, en su concepto, venía a realizar los sueños de los filósofos químicos.

Cronológicamente, hemos examinado el periodo que va de mediados del siglo XV a mediados del XVII —es decir, desde la traducción del *corpus* hermético y la obra de Peuerbach a la obra de Van Helmont y los primeros mecanicistas—. Pero sería incorrecto suponer que el hermetismo renacentista desapareció sin dejar rastro en el curso del tercer cuarto del siglo XVII. La obra de Boyle estuvo profundamente influida por los primeros escritos de Van Helmont y, de su generación, el suyo es sólo uno de los muchos nombres que podríamos mencionar. El ejemplo más notable es tal vez el de Isaac Newton, quien estuvo tan seriamente interesado en los estudios alquímicos que algunos eruditos sostienen actualmente que la verdadera base de sus teorías químicas fue la alquimia. Este juicio no ha sido demostrado; los *Principia* (1687) de Newton están ausentes de imágenes y especulaciones alquímicas. La obra de Newton representa la culminación de dos siglos de controversias acerca de la verdadera estructura del universo y sigue siendo el fundamento de las ciencias físicas modernas. Pero a nosotros nos interesa la figura de Newton por una segunda razón: publicó su obra experimental sobre óptica y su tratamiento matemático de las leyes físicas, pero archivó sus manuscritos alquímicos.

El acto de Newton es un símbolo de la historia posterior de la ciencia. El siglo XVIII fue el siglo de la Ilustración, la Edad de la Razón. Su ciencia fue newtoniana en la medida en que fue una ciencia experimental caracterizada por la cuantificación y el uso de la abstracción matemática para describir y explicar los fenómenos naturales. Ésa fue la ciencia de las academias y las sociedades científicas, una ciencia que rechazaba y denigraba el misticismo y la magia que habían sido tan comunes durante el Renacimiento. Pero, de hecho, los textos

alquímicos siguieron apareciendo en el siglo XVIII a un ritmo que rivalizaba con el de fines del siglo XVI y principios del XVII. Pese a ello, la antigua controversia perdió vitalidad cuando sus temas dejaron de formar parte de las principales corrientes científicas. En efecto, la polémica se interrumpió y no sería reanudada —en distinta forma— sino con el surgimiento de la *Naturphilosophie* en los albores de un nuevo siglo.

BIBLIOGRAFÍA COMPLEMENTARIA

La bibliografía relacionada exclusivamente con la ciencia y la medicina del Renacimiento se ha vuelto copiosa y sumamente especializada. Por esta razón, el presente ensayo se refiere principalmente a estudios editados en inglés y en forma de libro. Sin embargo existen varias excepciones y el lector hallará mencionados muchos artículos e incluso obras más extensas en otros idiomas. Si bien hemos dado especial atención a estudios recientes en este campo, nos hemos esforzado realmente por mostrar la riqueza de fuentes originales que existe en lengua inglesa.

Sería imposible redactar un ensayo como éste sin rendir homenaje a *Die Cultur der Renaissance in Italien* (Basilea, 1860), de Jacob Burckhardt. Existen muchas y asequibles traducciones al inglés de esta obra con el título de *The Civilization of the Renaissance in Italy*. Quienes se interesen por los antecedentes filosóficos de la ciencia del Renacimiento deben consultar asimismo las obras de Paul Oskar Kristeller: *Eight Philosophers of the Italian Renaissance* (Stanford, 1964), *Renaissance Thought I: The Classic, Scholastic, and Humanist Strains* (Nueva York, 1961) y *Renaissance Thought II: Papers on Humanism and the Arts* (Nueva York, 1965). Frederick B. Artz ha hecho una breve exposición del humanismo renacentista en *Renaissance Humanism 1300-1550* (Oberlin, Ohio, 1966), mientras que el antiguo, pero vasto estudio de Henry Osborn Taylor, *Thought and Expression in the Sixteenth Century* (2 vols., 1920; 2ª ed. rev., Nueva York, 1959), intenta abarcar todos los aspectos de la vida intelectual de ese periodo. Quienes se interesen en la ciencia y el ocultismo, a veces extravagantes, que se practicaron en la Corte de Rodolfo II en Praga, hallarán provechosa la lectura del libro de R. J. W. Evans, *Rudolf II and His World: A Study in Intellectual History 1576-1612* (Oxford, 1973).

Entre los estudios generales relacionados con la ciencia del Renacimiento deben incluirse las obras precursoras de E. A. Burtt, *The Metaphysical Foundations of Modern Physical Science* (ed. rev., Londres, 1932), y E. W. Strong, *Procedures and Metaphysics: A Study in the Philosophy of Mathematical-Physical Science in the 16th and 17th Centuries* (Berkeley, 1936), ambas aún se siguen citando con frecuencia. La obra colosal de Lynn Thorndike, *A History of Magic and Experimental Science* (8 vols., Nueva York, 1923-1958), se refiere más a la magia que a la ciencia, pero puede servir como una rica fuente

bibliográfica para cualquiera que esté interesado en ese periodo. La no menos monumental historia cronológica de la ciencia de George Sarton no llegó nunca al Renacimiento, pero dos breves obras suyas: *Appreciation of Ancient and Medieval Science During the Renaissance (1450-1600)* (Nueva York, 1961) y *Six Wings: Men of Science in the Renaissance* (Bloomington, Ind., 1957), presentan una cantidad considerable de información con un criterio característicamente positivista. La obra de W. P. D. Wightman, *Science and the Renaissance. An Introduction to the Study of the Emergence of the Sciences in the Sixteenth Century* (2 vols., Edimburgo y Londres, 1962), es un estudio magistral de la ciencia y la medicina, y uno de sus volúmenes constituye un registro de fuentes originales. El Octavo Congreso Internacional de la Historia de la Ciencia, celebrado en Tours, estuvo dedicado a la ciencia del Renacimiento y sus actas fueron publicadas bajo el nombre del congreso como *Sciences de la Renaissance,* comp. Jacques Roger (París, 1973). Se incluyen textos de autoridades muy conocidas sobre una gran variedad de temas. El libro de Richard Foster Jones, *Ancients and Moderns: A Study of the Rise of the Scientific Movement in Seventeenth-Century England* (1936; 2ª ed., St. Louis, 1961), es algo anticuado en su enfoque, pero todavía contiene muchos datos interesantes.

Como libro de texto sigue siendo útil Herbert Butterfield, *The Origins of Modern Science* (Nueva York, 1952), que se originó en una serie de conferencias dictadas por el autor en Cambridge en los primeros años de la posguerra. Un periodo más extenso explora *The Scientific Renaissance 1450-1630* (Nueva York, 1962), de Marie Boas. Quienes se interesen por los vínculos más amplios de la ciencia con la sociedad y otras esferas de la actividad intelectual durante el Renacimiento deben consultar *Science in a Renaissance Society* (Londres, 1972) de W. P. D. Wightman. El *Dictionary of Scientific Bibliography,* dirigido por Charles C. Gillispie (14 vols., Nueva York, 1970-1976), es una obra de consulta indispensable para quienes busquen información bibliográfica.

En *Philosophy, Technology and the Arts in the Early Modern Era,* trad. de Salvator Attansio, comp. Benjamin Nelson (Nueva York, 1970), Paolo Rossi analiza las relaciones de la tecnología con la filosofía y la ciencia en los siglos XVI y XVII; Bertrand Gille considera la ingeniería en *Engineers of the Renaissance* (Cambridge, Mass., 1966). E. G. R. Taylor ha escrito una amena historia de la navegación en *The Haven Finding Art* (Londres, 1956); un estudio más completo al respecto se encuentra en D. W. Waters, *The Art of Navigation in Tudor and Stuart England* (Londres, 1959). Los matemáticos y los fabricantes de instrumentos son el tema de E. G. R. Taylor, *The Mathematical Practitioners of Tudor and Stuart England 1485-1714* (Cambridge, 1968). En *Ballistics in the Seventeenth Century: A Study in the Relations of Science and War with Reference Principally to England* (Cambridge, 1952), A. R. Hall también ha dedicado considerable espacio a material anterior al siglo XVII.

Además del trabajo de Taylor, el investigador de las matemáticas del Renacimiento querrá leer la obra reciente de Paul Lawrence Rose, *The Italian Renaissance of Mathematics: Studies on Humanists and Mathematicians from Petrarch to Galileo* (Ginebra, 1975). Para estudiar la repercusión de Nicolás de Cusa, importante por su neoplatonismo y la influencia de su cosmología y su matemática, lo más conveniente es remitirse a las fuentes. Germain Heron ha traducido *Of Learned Ignorance* (Londres, 1954); y una interesante antología, donde se incluyen los experimentos sobre el peso de *El Idiota,* ha sido preparada por John P. Dolan: *Unity and Reform: Selected Writings of Nicholas de Cusa* (South Bend, Ind., 1962). Las autobiografías de científicos de este periodo son escasas, pero tenemos un ejemplo excelente en el caso del erudito Girolamo Cardano en *The Book of My Life,* trad. de Jean Stoner (Nueva York, 1930).

Arthur O. Lovejoy trata clásicamente la influencia neoplatónica en *The Great Chain of Being* (Cambridge, Mass., 1936), pero si bien la lectura de este libro sigue siendo estimulante, el lector interesado en la magia al iniciarse la Era Moderna debe consultar también obras más recientes como: D. P. Walker, *Spiritual and Demonic Magic from Ficino to Campanella* (Londres, 1958), Charles G. Nauert, *Agrippa and the Crisis of Renaissance Thought* (Urbana, Ill., 1965), y Keith Thomas, *Religion and the Decline of Magic: Studies in Popular Beliefs in Sixteenth-and-Seventeenth-Century England* (Londres, 1971). Una colección de ensayos muy interesantes en torno del hermetismo y la alquimia, así como temas científicos y médicos más comunes, es *Science, Medicine and Society in the Renaissance,* comp. Allen G. Debus (2 vols., Nueva York, 1972). En cuanto a fuentes de la magia natural, véanse J. B. Porta, *Natural Magick* (trad. inglesa, 1658; reimpreso en Nueva York, 1957), y H. C. Agripa, *Three Books of Occult Philosophy or Magic: Book I —Natural Magic,* comp. Willis F. Whitehead (1897; reimpreso en Londres, 1971).

El de John Dee sigue siendo el caso especial de un autor cuya obra pertenece tanto a la matemática y la astronomía como a la alquimia, la astrología y el espiritismo. El estudio más reciente es el de Peter J. French, cuyo libro, *John Dee: The World of an Elizabethan Magus* (Londres, 1972), examina suficientemente el misticismo de Dee pero no trata adecuadamente su concepto *ciencia verdadera. The Mathematicall Praeface to the Elements of Geometrie of Euclid of Megara* (1570), obra de Dee que ejerció gran influencia, ha sido reimpresa con una introducción de Allen G. Debus (Nueva York, 1975) y sus diarios secretos, donde describe su asociación con el alquimista John Kelly y sus intentos de entrar en contacto con el mundo de los espíritus; obras que se han publicado con el título de *A True and Faithful Relation of What Passed for Many Years Between Dr. John Dee... and Some Spirits... with a Preface by Meric Casaubon* (Londres, 1659; reimpreso en Glasgow, 1974).

No existe una historia satisfactoria de la astrología de este periodo, pero el lector hallará mucha información interesante referente a los debates que suscitó

la astrología en Inglaterra en Don Cameron Allen, *The Star-Crossed Renaissance: The Quarrel About Astrology and its Influence in England* (1941; reimpreso en Nueva York, 1966). Por el contrario, la alquimia ha sido tratada por muchos autores. El volumen de E. J. Holmyard editado por Penguin, *Alchemy* (Harmondsworth, 1957), servirá como una fascinante introducción al lector no especializado. Quienes se interesen en la relación de esta disciplina con las creencias populares primitivas y las técnicas de la elaboración de los metales desearán continuar con Mircea Eliade, *The Forge and the Crucible,* trad. de Stephen Corrin (Nueva York, 1962). Allen G. Debus ha hecho una breve exposición del tema en su artículo "Alchemy", incluido en el *Dictionary of the History of Ideas,* comp. Phillip P. Weiner (4 vols., Nueva York, 1973, vol. I, pp. 27-34). Para quienes deseen consultar los textos originales, la compilación de Elias Ashmole es la fuente más completa y conveniente que existe en inglés: *Theatrum Chemicum Britannicum* (1652; reimpreso con una introducción de Allen G. Debus, Nueva York y Londres, 1967).

El estudio de la tecnología química del Renacimiento en su relación con las técnicas de la minería y la metalurgia se ha facilitado con una serie de traducciones importantes aparecidas en este siglo. *De re metallica,* de Georgious Agricola, fue traducido en 1912 por Herbert Clark Hoover (a la sazón ingeniero de minas y más tarde presidente de los Estados Unidos) y su esposa, Lou H. Hoover (reimpreso en Nueva York, 1950). Igualmente importante es la serie de traducciones realizadas por Cyril Stanley Smith. Aquí citaremos únicamente Vannochio Biringuccio, *Pirotechnia,* trad. y comp. de C. S. Smith y M. T. Gnudi (1942; reimpreso en Cambridge, Mass., 1966), y Lazarus Ercker, *Treatise on Ores and Assaying,* trad. de A. G. Sisco y C. S. Smith (Chicago, 1951). Todas estas traducciones van acompañadas de valiosas introducciones.

Los antecedentes esenciales de la rebelión yatroquímica de Paracelso se encuentran en Owsei Temkin, *Galenism: Rise and Decline of a Medical Philosophy* (Ithaca, N. Y., 1973). El estudio fundamental de Paracelso se debe a Walter Pagel, *Paracelsus: An Introduction to Philosophical Medicine in the Era of the Renaissance* (Basilea y Nueva York, 1958). Su lectura puede complementarse con la de Paracelso, *Selected Writings,* comp. Jolande Jacobi, trad. de Norbert Guterman (Nueva York, 1951), y Paracelso, *Volumen Medicinae Paramirum,* trad. y prefacio de Kurt F. Leidecker (Baltimore, 1949).

Allen G. Debus examina la concepción del mundo de los paracelsistas en *The Chemical Philosophy: Paracelsian Science and Medicine in the Sixteenth and Seventeenth Centuries* (2 vols., Nueva York, 1977). Otros estudios pertinentes de Debus son: "The Chemical Philosophers: Chemical Medicine from Paracelsus to Van Helmont", *History of Science,* 12 (1974), pp. 235-259; *The English Paracelsians* (Londres, 1965); "Mathematics and Nature in the Chemical Texts of the Renaissance", *Ambix,* 15 (1968), pp. 1-28, 211; "Motion in the Chemical Texts of the Renaissance", *Isis,* 64 (1973), pp. 4-17; y "Renaissance Chemistry

and the Work of Robert Fludd", en *Alchemy and Chemistry in the Seventeenth Century: Papers Read at a Clark Library Seminar, March 12, 1966* (Los Ángeles, 1966). Quienes prefieran una de las primeras exposiciones de la filosofía química deben remitirse a Oswald Croll, "Discovering the Great and Deep Mysteries of Nature", prefacio admonitorio a la *Basilica Chymica* (1609) que fue traducido por H. Pinnell e incluido en su *Philosophy Reformed and Improved in Four Profound Tractates* (Londres, 1657). Una reimpresión de esta obra, acompañada de una introducción de Allen G. Debus, se proyecta para un futuro próximo. Owen Hannaway investiga los orígenes de la disciplina de la química cuando estudia las opiniones contrarias de Croll y Andreas Libavius en *The Chemists and the Word: The Didactic Origins of Chemistry* (Baltimore y Londres, 1975). Para formarse una idea de cómo concebían los químicos renacentistas los fenómenos geocósmicos véase Frank Dawson Adams, *The Birth and Development of the Geological Sciences* (1938; reimpreso en Nueva York, 1954).

La poderosa influencia de los métodos químicos en la botánica tradicional se percibe en la reimpresión de Jeronimo Brunschwig, *Book at Distillation* (trad. inglesa, hacia 1530), introducción de Harold J. Abrahams (Nueva York, 1971). Pocos de los herbarios principales han sido reimpresos íntegramente. Una de las excepciones es John Parkinson, *Paradisi in Sole, Paradisus Terrestris, or a Garden of All Sorts of Pleasant Flowers Which Our English Ayre Will Permit* (1629; Nueva York, 1975). La gran calidad de las ilustraciones botánicas en las postrimerías de la Antigüedad puede apreciarse en la magnífica y gigantesca edición en folio del *Codex Iulianae picturis illustratus* (Dioscórides) (2 vols., Leyden, 1906).

La mejor monografía de la literatura herbaria sigue siendo la de Agnes Arber, *Herbals: Their Origin and Evolution. A Chapter in the History of Botany* (Cambridge, 1912), pero C. E. Raven, *English Naturalists from Neckham to Ray* (Cambridge, 1947), es ilustrativo. Un trabajo fundamental es el reciente de Karen M. Reed, "Renaissance Humanism and Botany", *Annals of Science,* 33 (1976), pp. 519-542. Jerry Stannard ha escrito muchos artículos relacionados con la botánica de la Edad Media y principios de la Era Moderna. El lector encontrará especialmente instructivos: "The Herbal as a Medical Document", *Bulletin of the History of Medicine,* 43 (1969), pp. 212-226; "P. A. Mattioli: Sixteenth Century Commentator on Dioscorides", *University of Kansas Bibliographical Contributions,* 1 (1969), pp. 59-81; y "Medieval Herbals and their Development", *Clio Medica,* 9 (1974), pp. 22-33. Para un enfoque más popular, véase Eleanour S. Rohde, *The Old English Herbals* (1922; reimpreso en Nueva York, 1971).

La influencia de los nuevos descubrimientos geográficos en la historia natural europea forma parte prominente de la obra monumental de Donald F. Lach, *Asia in the Making of Europe* (hasta la fecha, 2 vols. divididos en 5 partes, Chicago, 1965-1977). Es especialmente importante el estudio de Alfred W. Crosby, *The Columbian Exchange: Biological and Cultural Consequences of 1492* (Westport,

Conn., 1972). El trabajo de C. R. Boxer, *Two Pioneers of Tropical Medicine: Garcia d'Orta and Nicolás Monardes* (Londres, 1963), es breve pero iluminador. Tanto la obra de Orta, *Colloquies on the Simples and Drugs of India,* trad. e introd. de sir Clements Markham (Londres, 1913), como la de Monardes, *Joyfull Newes Out of the Newe Found Land* (Londres, 1925), pueden leerse en inglés.

Existen menos fuentes originales relacionadas con la zoología del Renacimiento que con los herbarios. No obstante, las obras de Edward Topsell, *Historie of Four-Footed Beastes* (1607) y *Historie of Serpents* (1608) —ambas basadas principalmente en la obra de Conrad Gesner— se han reimpreso dos veces en años recientes (Nueva York, 1967; Norwood, N. J., 1973). También son útiles E. Callot, *La Renaissance des sciences de la vie au XVI*^e^ *siècle* (París, 1951) y E. J. Cole, *A History of Comparative Anatomy* (Londres, 1944). Sigue siendo admirable por su selección de material, aunque no por su enfoque positivista, la obra de Charles Singer. *A History of Biology: A General Introduction to the Study of Living Things* (ed. rev., Nueva York, 1950).

El descubrimiento de la circulación de la sangre ha sido tratado por numerosos autores, pero la obra que se cita con más frecuencia es la breve reseña de Charles Singer, *The Discovery of the Circulation of the Blood* (1922; reimpreso en Londres, 1956). Se hallará un valioso análisis en Mark Graubard, *Circulation and Respiration: The Evolution of an Idea* (Nueva York y Burlingame, Calif., 1964). Una breve explicación que sitúa a Harvey en un contexto más amplio de la historia de la medicina es la de W. P. D. Wightman, *The Emergence of Scientific Medicine* (Edimburgo, 1971).

Sobre temas más específicos, Ludwig Choulant es autor de la importante *History and Bibliography of Anatomic Illustration,* trad. y comp. de Mortimer Frank (Chicago, 1920). El libro de C. D. O'Malley, *Andreas Vesalius of Brussels 1514-1564* (Berkeley y Los Ángeles, 1964), es la biografía más autorizada de Vesalio en lengua inglesa, y su *Michael Servetus. A Translation of His Geographical, Medical and Astrological Writings* (Filadelfia, 1953) ofrece los textos más interesantes de este autor enigmático. El estudio más importante sobre Harvey es el de Walter Pagel, *William Harvey's Biological Ideas: Selected Aspects and Historical Background* (Basilea y Nueva York, 1967), que ha complementado con un segundo volumen titulado *New Light on William Harvey* (Basilea, 1976). El lector también querrá leer los libros de Kenneth David Keele, *William Harvey: the Man, the Physician, and the Scientist* (Londres, 1965), y Gweneth Whitteridge, *William Harvey and the Circulation of the Blood* (Londres y Nueva York, 1971). Allen G. Debus ha analizado la reacción de Robert Fludd ante la obra de Harvey en dos artículos: "Robert Fludd and the Circulation of the Blood", *Journal of the History of Medicine and Allied Sciences,* 16 (1961), pp. 374-393; y "Harvey and Fludd: The Irrational Factor in the Rational Science of the Seventeenth Century", *Journal of the History of Biology,* 3 (1970), pp. 81-105. Se han publicado diversas traducciones de la obra de Harvey, ninguna es

considerada impecable por los especialistas, pero cualesquiera de ellas dará al lector una idea del estilo y el talento de Harvey. La versión más asequible es la de Robert Willis (1847), editada en la serie Everyman: William Harvey, *Circulation of the Blood and Other Writings* (Nueva York y Londres, 1952). La deuda de Harvey con Aristóteles y Galeno se puede apreciar claramente en la sección dedicada al método científico que sirve de introducción a los *Anatomical Exercises on the Generation of Animals,* en *The Works of William Harvey M. D.,* trad. de Robert Willis (Londres, 1847), pp. 151-167.

Extrañamente, poco se ha publicado sobre la influencia de Harvey en la medicina; a pesar de que unánimemente se reconoce el carácter fundamental de su descubrimiento. Dos notables excepciones son Audrey B. Davis, *Circulation Physiology and Medical Chemistry in England 1650-1680* (Lawrence, Kan., 1973), y Pedro Laín Entralgo, "La obra de William Harvey y sus consecuencias", en P. Laín Entralgo (comp.), *Historia universal de la medicina* (Barcelona, 1973).

La figura más impresionante de la cirugía en el Renacimiento es Ambroise Paré. Su autobiografía se encuentra en *The Apologie and Treatise of Ambroise Paré Containing the Voyages Made into Divers Places, with Many of his Writings upon Surgery,* ed. con una introducción por Geoffrey Keynes (Chicago, 1952). Una traducción del siglo XVII de sus obras voluminosas se ha reimpreso recientemente como *The Collected Works of Ambroise Paré,* trad. de Thomas Johnson (1634; Pound Ridge, N. Y., 1968).

Todos los investigadores interesados en la Revolución Científica han tenido que abordar el tema de la nueva astronomía y sus consecuencias para las ciencias físicas. No obstante, ninguna de las exposiciones generales ha desplazado por completo a J. L. E. Dreyer, *A History of Planetary Systems from Thales to Kepler* (Cambridge, 1906). De los trabajos más recientes, es esencial el de Alexandre Koyré, *The Astronomical Revolution: Copernicus, Kepler, Borelli,* trad. de R. E. W. Maddison (Ithaca, N. Y., 1973). En un nivel más elemental se encuentran las obras excelentes de Thomas S. Kuhn, *The Copernican Revolution, Planetary Astronomy in the Development of Western Thought* (Cambridge, Mass, 1957), e I. Bernard Cohen, *The Birth of a New Physics* (Garden City, N. Y., 1960). Un estudio precursor relacionado con la aceptación de la tesis copernicana en un contexto nacional es el de Francis R. Johnson, *Astronomical Thought in Renaissance England: A Study of the English Scientific Writings from 1500 to 1645* (Baltimore, 1937).

El libro de Angus Armitage, *Copernicus: The Founder of Modern Astronomy* (Nueva York, 1962), constituye una útil introducción a la vida y a la obra de Copérnico; el *Commentariolus* se puede leer en las versiones al inglés de Edward Rosen (Nueva York, 1939) y Noel M. Swerdlow (Filadelfia, 1973). La edición de Rosen incluye, además del *Commentariolus,* una traducción de la *Narratio prima* de Rheticus. En cuanto al *De revolutionibus,* ha sido traducido recientemente por A. M. Duncan (Londres, 1977).

Para entender el cambio que sufrió la concepción medieval del mundo al iniciarse la Era Moderna es fundamental Alexandre Koyré, *From the Closed World to the Infinite Universe* (Nueva York, 1958). Frances A. Yates ha analizado la concepción del mundo de Bruno en su *Giordano Bruno and the Hermetic Tradition* (Chicago, 1964), libro que ha tenido enorme influencia al señalar la necesidad de considerar los temas herméticos y místicos en relación con el surgimiento de la ciencia moderna. Críticas recientes a esta posición se encuentran en Robert S. Westman, "Magical Reform and Astronomical Reform: The Yates Thesis Reconsidered", en Robert S. Westman y J. E. McGuire, *Hermeticism and the Scientific Revolution* (Los Ángeles, 1977), pp. 5-91; Brian Vickers, "Frances Yates and the Writing of History", *Journal of Modern History,* 51 (1979), pp. 287-316; y Allen G. Debus, "The 'Pseudo-Sciences' and the History of Science", *The University of Chicago Library Society Journal,* 3 (1978), pp. 3-20. Quienes se interesen en la gama de opiniones sobre el magnetismo sustentadas por William Gilbert pueden consultar D. H. D. Roller, *The* De Magnete *of William Gilbert* (Ámsterdam, 1959). Su lectura puede complementarse con la del texto de Gilbert, *De magnete,* trad. de P. Fleury Mottelay (1893; reimpreso en Nueva York, 1958).

Al igual que su obra más general sobre las teorías planetarias, el libro de J. L. E. Dreyer, *Life of Tycho Brahe: A Picture of Scientific Life and Thought in the Sixteenth Century* (Edimburgo, 1890), sigue siendo clásico. En cuanto a Kepler, véase el reciente estudio de la literatura al respecto en E. J. Aiton, "Johannes Kepler in the Light of Recent Research", *History of Sciences,* 14 (1976), pp. 77-100. La biografía más acreditada es la de Max Caspar, trad. y comp. de C. Doris Hellman (Londres y Nueva York, 1959), pero también es recomendable la de Angus Armitage, *John Kepler* (Londres, 1966). Quienes se interesen particularmente en la conjunción de misticismo y ciencia en la obra de Kepler pueden leer la popular semblanza de Arthur Koestler, *The Watershed: A Biography of Johannes Kepler* (Garden City, N. Y., 1960).

La bibliografía sobre Galileo es vasta y mucha de ella de gran calidad. La obra que sobre este autor ha tenido más influencia en este siglo es tal vez la de Alexandre Koyré, *Études Galiléennes* (3 vols., París, 1939); ésta aún no ha sido traducida al inglés, pero en la serie de textos reunidos en *Galileo: Man of Science,* comp. Ernan McMullin (Nueva York, 1967) el lector hallará expuesta la variedad de actitudes recientes hacia este autor. Entre los estudios recientes destacan los de William R. Shea, *Galileo's Intellectual Revolution Middle Period, 1610-1632* (Nueva York, 1972), y Maurice Clavelin, *The Natural Philosophy of Galileo: Essay on the Origins and Formation of Classical Mechanics,* trad. de A. J. Pomerans (Cambridge, Mass., 1974). Stillman Drake, *Galileo Studies: Personality, Tradition, and Revolution* (Ann Arbor, Mich., 1970), presenta una colección de ensayos escritos por una autoridad reconocida en la materia.

Muchas de las obras más importantes de Galileo han sido traducidas al inglés. *Discoveries and Opinions of Galileo,* trad., introducción y notas de Stillman Drake (Garden City, N. Y., 1957), incluye el *Sidereus nuncius* (1610), *Letters on Sunspots* (1613), *Letter to the Grand Duchess Christina* (1615) y extractos de *The Assayer* (1623). *The Dialogue Concerning the Two Chief World Systems* (1632) se consigue en las traducciones de Stillman Drake (Berkeley y Los Ángeles, 1953) y Giorgio de Santillana (Chicago, 1953). Similarmente, *Mathematical Discourses and Demonstrations Concerning Two New Sciences* (1638) se puede leer en dos traducciones: la de Henry Crew y Alfonso de Salvio (1914; reimpreso en Nueva York, 1954) y la de Stillman Drake (Madison, Wis., 1974).

El estudio reciente sobre Francis Bacon que se cita con más frecuencia es el de Benjamin Farrington, *The Philosophy of Francis Bacon* (Liverpool, 1964), pero esta exposición puede complementarse con el examen que hace Paolo Rossi acerca de la influencia hermética que se percibe en los tratados menos conocidos de Bacon en *Francis Bacon: From Magic to Science,* trad. de Sacha Rabinovitch (Chicago, 1968). La relación de Bacon con Paracelso ha sido examinada por Graham Rees en "Francis Bacon's Semi-Paracelsian Cosmology", *Ambix,* 22 (1975), pp. 81-101. Casi todas las obras filosóficas y científicas de Bacon fueron traducidas por Spedding y Ellis para la edición de sus obras completas (1857), traducciones que fueron reunidas en un volumen por John M. Robertson: *The Philosophical Works of Francis Bacon* (Londres y Nueva York, 1905).

Descartes ha tenido siempre un interés especial para los filósofos, pero hasta ahora han sido relativamente pocos los historiadores de la ciencia que han considerado detenidamente su obra. Uno de los pocos trabajos de este tipo es el de J. F. Scott, *The Scientific Work of René Descartes (1596-1650)* (Londres, sin fecha). También es interesante el trabajo de Henri Gouhier, *Les premières pensées de Descartes: contribution à l'histoire de l'anti-renaissance* (París, 1958). Las opiniones de Scott y Gouhier deben compararse con las que expone William R. Shea en "Descartes and the Rosicrucians", *Annali dell' Istituto e Museo della Scienza di Firenze,* 4 (1979), pp. 29-47. Del *Discurso del método* existen varias traducciones aceptables. Una de las más convenientes es la de F. E. Sutcliffe, publicada por Penguin (Baltimore, 1968).

Para quienes se interesen particularmente por el triunfo de la filosofía mecanicista, es indispensable la lectura de E. J. Dijksterhuis, *The Mechanization of the World Picture,* trad. de C. Dikshoorne (Oxford, 1961). Más difícil es el valioso libro de René Dugas, *Mechanics in the Seventeenth Century,* trad. de J. R. Maddox (Neuchâtel, 1958). R. S. Westfall ha escrito una breve reseña del triunfo de la filosofía mecanicista en los principales campos de la ciencia en *The Construction of Modern Science: Mechanisms and Mechanics* (Nueva York, 1971). Robert Lenoble, *Mersenne ou la naissance du mécanisme* (1943; reimpreso en París, 1971), estudia con bastante detalle los debates de Mersenne, su correspondencia y su desarrollo intelectual. De las muchas obras que tratan

del resurgimiento del atomismo en el siglo XVII, el lector probablemente hallará más interesantes las de Andrew G. van Melsen, *From Atomos to Atom* (Nueva York, 1960), y Robert H. Kargon, *Atomism in England from Hariot to Newton* (Oxford, 1966). Allen G. Debus describe el intento de Gassendi de llevar a cabo los experimentos sugeridos por Galileo en "Pierre Gassendi and His 'Scientific Expedition' of 1640", *Archives internationales d'histoire des sciences,* 16 (1963), pp. 129-142.

Las utopías científicas de principios del siglo XVII son analizadas por Nell Eurich en *Science in Utopia: A Mighty Design* (Cambridge, Mass., 1967). La literatura rosacruz ha sido examinada por Paul Arnold en *Histoire des Rose-Croix et les origines de la Franc-Maçonnerie* (París, 1945), y más recientemente por Frances A. Yates en *The Rosicrucian Enlightenment* (Londres y Boston, 1972). Todas las obras sobre los rosacruces deben leerse con cautela. Una tendencia persistente en la exposición de Yates es la de atribuir la mayoría de las características principales de la Revolución Científica a un origen místico. La traducción inglesa hecha en el siglo XVII de los textos básicos de los rosacruces fue reimpresa en Margate en 1923 con el título de *The Fame and Confession of the Fraternity of R:C: Commonly of the Rosie Cross,* y Felix Emil Held tradujo la sumamente interesante obra de Johann Valentin Andreae, *Christianopolis: An Ideal State of the Seventeenth Century* (Nueva York, 1916).

La única obra importante que Fludd escribió en inglés es su *Mosaicall Philosophy* (Londres, 1659), pero el estudio de J. B. Craven, *Doctor Robert Fludd (Robertus de Fluctibus) The English Rosicrucian. Life and Writings* (Kirkwall, 1902), aunque antiguo, sigue siendo útil. Los artículos de Allen G. Debus, "Robert Fludd and the Use of Gilbert's *De magnete* in the Weapon-Slave, Controversy", *Journal of the History of Medicine and Allied Sciences,* 19 (1964), pp. 389-417, y "The Sun in the Universe of Robert Fludd", *Le soleil à la Renaissance —sciences et mythes—, Travaux de l'Institut pour l'étude de la Renaissance et de l'Humanisme,* 2 (1964), pp. 257-278, versan sobre aspectos significativos del pensamiento de Fludd. Wolfgang Pauli ha escrito un estudio perspicaz de la controversia entre Kepler y Fludd en "The influence of Archetypal Ideas on the Scientific Theories of Kepler", en C. G. Jung y W. Pauli, *The Interpretation of Nature and the Psyche,* trad. de Priscilla Silz (Nueva York, 1955), pp. 147-240. Por lo que se refiere a Van Helmont, véase Allen G. Debus, "The Chemical Debates of the Seventeenth Century: The Reaction to Robert Fludd and Jean Baptiste van Helmont", en M. L. Righini Bonelli y William R. Shea, comps., *Reason, Experiment and Mysticism in the Scientific Revolution* (Nueva York, 1975), pp. 18-47, 291-298.

Los textos de 1654 de John Webster, Seth Ward, John Wilkins y Thomas Hall relacionados con la reforma educativa han sido reproducidos por Allen G. Debus en *Science and Education in the Seventeenth Century. The Webster-Ward Debate* (Londres y Nueva York, 1970), y los planes agrícolas de los químicos son

examinados por Debus en “Palissy, Plat and English Agricultural Chemistry in the 16th and 17th Centuries”, *Archives internationales d’histoire des sciences,* 21 (1968), pp. 67-88. Los planes químicos y económicos de Glauber para Alemania son analizados por Debus en *The Chemical Philosophy,* 2, pp. 425-441. La relación de la ciencia con la sociedad en Inglaterra a mediados del siglo XVII ha sido tratada muy bien por Charles Webster en *The Great Instauration: Science, Medicine and Reform 1626-1660* (Nueva York, 1976).

Y, finalmente, para quienes se interesen especialmente en la alquimia y el hermetismo de Isaac Newton como una prueba de la influencia continuada de temas característicamente renacentistas, mencionaremos J. E. McGuire y P. M. Rattansi, “Newton and the ‘Pipes of Pan’ ”, *Notes and Records of the Royal Society of London,* 21 (1966), pp. 108-143, y Allen G. Debus, “Van Helmont and Newton’s Third Law”, en *Paracelsus, Werk und Wirkung. Festgabe für Kurt Goldammer zum 60. Geburtstag,* comp. Sepp Domandl, *Salzburger Beiträge zur Paracelsusjorschung,* 13 (Viena, 1975), pp. 45-52. B. J. T. Dobbs ha escrito *The Foundations of Newton’s Alchemy, or “The Hunting of the Greene Lyon”* (Cambridge, 1975), que debe leerse junto con la reseña sustancial de Karin Figala, “Newton as Alchemist”, *History of Science,* 15 (1977), pp. 102-137.

NOTA SOBRE OBRAS RECIENTES EN ESPAÑOL ACERCA DEL RENACIMIENTO Y LOS INICIOS DE LA CIENCIA Y LA MEDICINA MODERNAS

El interés por el desarrollo de la ciencia y la medicina en el mundo de habla española es muy antiguo, pero es principalmente en las últimas décadas cuando se ha acumulado un cuerpo considerable de bibliografía en este campo. En esta nota sólo mencionaremos algunos títulos de interés, pero esperamos que éstos conduzcan al lector a otras fuentes.

La guía más conveniente se hallará en el profusamente anotado “Apéndice bibliográfico” preparado por José María López Piñero para su *Ciencia* y *técnica en la sociedad española de los siglos XVI* y *XVII* (Barcelona, 1979), pp. 457-507. Más completas son todavía la *Bibliografía histórica de la medicina española* de L. S. Granjel (2 vols., Salamanca, 1965-1966) y la *Bibliografía histórica sobre la ciencia* y *la técnica en España* de J. M. López Piñero, M. Peset Reig, L. García Ballester y M. L. Terrada (2 vols., Valencia-Granada, 1973).

Quienes requieran exposiciones detalladas de la historia completa de la ciencia deben recurrir a la obra reciente de Desiderio Papp, *Ideas revolucionarias en la ciencia* (3 vols., San Francisco, 1975). La historia más amplia de la medicina es la de Pedro Laín Entralgo, *Historia universal de la medicina* (7 vols.,

Barcelona, 1972-1975). Esta obra monumental incluye contribuciones de casi todas las autoridades internacionales en la materia.

La literatura escrita en español y otros idiomas por investigadores españoles es particularmente abundante con respecto de los avances científicos y médicos realizados en España y las áreas sujetas a la influencia española. Así, para quienes busquen una visión general del ámbito español, J. Vernet ha escrito una *Historia de la ciencia española* (Madrid, 1976). Por lo que se refiere al periodo de la Revolución Científica, pueden consultarse dos obras complementarias. La primera, *Materiales para la historia de las ciencias en España: S. XVI-XVII* (Carcagente, 1976), preparada por J. M. López Piñero, V. Navarro Brotóns y E. Portela Marco, ofrece al lector textos fundamentales que versan sobre todos los aspectos de la ciencia, la medicina y la tecnología españolas de este importante periodo. De la segunda, *Ciencia* y *técnica en la sociedad española de los siglos XVI* y *XVII,* de López Piñero, ya antes se ha hecho referencia. Más que una investigación en este campo, es una contribución capital para nuestra comprensión de la Revolución Científica. Un análisis anterior, pero aún útil, de este tema se encuentra en *La introducción de la ciencia moderna en España* (Barcelona, 1969), de López Piñero.

Para los antecedentes de la medicina española del Renacimiento, véase Luis García Ballester, *Historia social de la medicina en la España de los siglos XIII al XVI*. Vol. 1: *La minoría musulmana y morisca* (Madrid, 1976). Hay un capítulo de Walter Pagel y Allen G. Debus sobre "Paracelso y los paracelsistas" en el libro de Laín Entralgo, *Historia universal de la medicina,* 4, pp. 107-129. J. M. López Piñero ha examinado el paracelsismo español en muchas de sus obras. Además de los títulos antes mencionados, debe consultarse su "Química y medicina en la España de los siglos XVI y XVII: La influencia de Paracelso", *Cuadernos de la historia de la medicina,* 2 (1972), pp. 17-54, así como su reimpresión del primer texto paracelsiano escrito por un español en *El "Dialogus"* (1589) *del paracelsista Llorenç Coçar y la cátedra de medicamentos químicos de la Universidad de Valencia* (1591) (Valencia, 1977).

A L. Alberti López se debe un estudio de *La anatomía* y *los anatomistas españoles del Renacimiento* (Madrid, 1948), y J. M. López Piñero ha examinado el saber anatómico en España en varios artículos, incluyendo los siguientes: "La disección y el saber anatómico en la España de la primera mitad del siglo XVI", *Cuadernos de Historia de la Medicina Española,* 13 (1974), pp. 51-110; "Harvey's Doctrine of the Circulation of the Blood in Seventeenth Century Spain", *Journal of the History of Medicine and Allied Sciences,* 28 (1973), pp. 230-242; y (en colaboración con L. García Ballester) "Francisco Valles y los comienzos de la anatomía patológica moderna", *Archivo Iberoamericano de la Historia de la Medicina,* 14, pp. 129-131. Entre los estudios de figuras principales merecen citarse los de F. Guerra, "Juan Valverde de Amusco", *Clio medica,* 2 (1967), pp. 339-362, y L. Barón Fernández, *Miguel Serveto, su vida y su obra* (Madrid,

1970). El estudio más importante de la cirugía se encuentra en L. S. Granjel, *Cirugía española del Renacimiento* (Salamanca, 1968).

En cuanto a las ciencias físicas, esperamos la publicación de V. Navarro Brotóns, *La revolución científica en España. Tradición* y *renovación en las ciencias físico-matemáticas* (tesis de Valencia, 1977), aunque de él se han publicado ya varios textos importantes [véanse especialmente sus artículos: "La renovación de las ciencias físico-matemáticas en la Valencia pre-ilustrada", *Asclepio,* 24 (1972), pp. 367-379, y "Contribución a la historia del copernicanismo en España", *Cuadernos Hispanoamericanos,* 283, pp. 3-24]. J. Vernet ha estudiado a Copérnico en "Copernico in Spain", *Colloquia Copernicana,* 1, pp. 217-291, y en *Astrología y astronomía en el Renacimiento. La revolución copernicana* (Barcelona, 1974).

E. Portela ha terminado una tesis sobre *Los orígenes de la química moderna en España* (Valencia, 1977, inédita). Los antecedentes alquímicos de la química española son examinados por J. R. de Luanco en *La alquimia en España* (2 vols. Barcelona, 1889, 1897), y por F. Rodríguez Marín en *Felipe II* y *la alquimia* (Madrid, 1927). M. Bargalló ha escrito varios estudios importantes sobre la metalurgia en los siglos XVI y XVII —recientemente *La amalgamación de los minerales de plata en Hispanoamérica colonial* (México, 1969)—. Entre las fuentes importantes en este campo se encuentran Diego de Santiago, *Arte separatoria (1598),* introducción de E. Portela (Valencia, en prensa), y Álvaro Alonso Barba, *Arte de los metales (1640)* (facsímil de la edición de 1770) (México, 1925).

Se han hecho muchos estudios del efecto del Nuevo Mundo en Europa. Entre los más recientes de interés especial, merecen citarse F. Guerra, *Nicolás Bautista Monardes. Su vida* y *su obra (*ca. *1493-1588)* (México, 1961), E. Álvarez López, "La historia natural de Fernández de Oviedo", *Revista de Indias,* 17 (1957), pp. 541-601, y la elegante reimpresión de José de Acosta, *Historia natural* y *moral de las Indias (1590),* introducción de B. Beddall (Valencia, 1977).

ÍNDICE

[1] Francis Bacon, *The Works of Francis Bacon,* comps. James Spedding, Robert Leslie Ellis y Douglas Dennon Heath (7 vols., nueva ed., Londres, Longmans, 1870; ed. original, 1857), vol. 4, p. 114.

[2] La cita de Ramus está tomada de Frank Pierrepont Graves, *Peter Ramus and the Educational Reformation of the Sixteenth Century* (Nueva York, Macmillan, 1912), pp. 23-24.

* Codificación de los estatutos llevada a cabo por William Laud (1573-1645) cuando fue canciller de esa universidad. [T.]

** F. R. Moulton y J. J. Schifferes, *Autobiografía de la ciencia,* trad. de Francisco A. Delpiane, México, FCE, 1947 (Sección de Ciencia y Tecnología). [T.]

[3] Galileo Galilei, *Dialogues Concerning Two New Sciences,* trad. de Henry Crew y Alfonso de Salvio (Nueva York, Dover, 1954), p. 1.

[*] El cuento de “El paje del canónigo”. [T.]

[1] Bonus de Ferrara, *The New Pearl of Great Price,* trad. de A. E. Waite (Londres, James Elliott, 1894; reimpreso en Londres, Vincent Stuart, 1963), p. 138.

[2] Paracelso, *Selected Writings,* trad. de Norbert Guterman, comp. Jollande Jacobi (Nueva York, Bollingen Series XXVIII, Pantheon Books, 1951), pp. 79-80.

[1] Las citas de De Orta están tomadas de C. R. Boxer, *Two Pioneers of Tropical Medicine: Garcia d'Orta and Nicolás Monardes* (Londres, The Hispanic and Luso-Brazilian Councils, 1963), p. 14.

[2] Las citas de Bock y Zaluziansky están tomadas de Agnes Arber, *Herbals, Their Origin and Evolution. A Chapter in the History of Botany* (Cambridge, Cambridge University Press, 1912), pp. 136 y 151.

[1] Las citas de Vesalio están tomadas de Charles Singer, *A History of Biology* (Nueva York, Henry Schuman, 1950, ed. rev.), p. 103.

[2] Las citas de Vesalio sobre sus críticos galenistas están tomadas de C. D. O'Malley, *Andreas Vesalius of Brussels 1514-1564* (Berkeley y Los Ángeles, University of California Press, 1964), p. 222.

[*] Cátedras de anatomía fundadas por lord Lumley en 1581. [T.]

[3] William Harvey, *The Circulation of the Blood and Other Writings* (Londres, J. M. Dent/Nueva York, E. P. Dutton, ed. Everyman, 1952), pp. 56, 57 y 85.

[1] Las citas de Ficino y Melanchton están tomadas de Thomas S. Kuhn, *The Copernican Revolution: Planetary Astronomy in the Development of Western Thought* (Cambridge, Mass., Harvard University Press, 1957), pp. 129 y 191.

[2] La cita de Copérnico está tomada de Alexandre Koyré, *From the Closed World to the Infinite Universe* (Nueva York, Harper Torchbook, 1957), p. 33.

[1] La cita de Descartes está tomada de A. Rupert Hall, *From Galileo to Newton 1630-1720* (Nueva York, Harper & Row, 1963), p. 193.

[2] Galileo Galilei, *Dialogues Concerning Two New Sciences,* trad. de Henry Crew y Alfonso de Salvio (Nueva York, Dover, 1954), pp. 160, 162 y 166.

[1] Las citas de Andreae están tomadas de J. V. Andreae, *Christianopolis. An Ideal State of the Seventeenth Century,* trad. de F. E. Held (Nueva York, Oxford University Press, 1916), pp. 137, 138, 187, 196, 197.

Allen G. Debus

EL HOMBRE Y LA NATURALEZA EN EL RENACIMIENTO

"Ningún periodo en la historia científica —escribe Allen G. Debus— ha sido estudiado con mayor detalle que la Revolución Científica y, sin embargo, ésta continúa siendo un enigma hasta en sus límites cronológicos." La obra de Debus, que se inicia de este modo, es acaso la primera tentativa de situar, con criterios modernos, esa etapa en el devenir del pensamiento y las realizaciones técnicas y científicas, antecedente inmediato de nuestra modernidad. El Renacimiento fue, ciertamente, una larga época —para Debus, de mediados del siglo XV a mediados del XVII— en que el esplendor científico no fue a la zaga de las grandes contribuciones del humanismo, aunque la importancia del primero se ha visto casi siempre de un modo parcial, como si estuviera constituido casi exclusivamente por las matemáticas y la astronomía. También la filosofía y la religión desempeñaron un papel esencial en el desarrollo renacentista. Allen G. Debus ha conseguido, en este libro apasionante, conjugar todos los aspectos de ese problema histórico.

ARTE • RELIGION Y FILOSOFIA
PSICOLOGIA Y CIENCIAS SOCIALES
HISTORIA • LITERATURA • CIENCIA Y TECNICA
cfe

Índice